

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

«Политехнический институт»  
институт  
«Тепловые электрические станции»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Е.А. Бойко  
подпись инициалы, фамилия

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника»  
код – наименование направления

Проект реконструкции ХВО Киришской ГРЭС  
тема

Руководитель \_\_\_\_\_  
подпись, дата

доцент, к.т.н.  
должность, ученая степень

Т. М. Руденко  
инициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_  
подпись, дата

А.А. Портнова  
инициалы, фамилия

Тех. контроль \_\_\_\_\_  
подпись, дата

С.А. Михайленко  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер \_\_\_\_\_  
подпись, дата

П.В. Шишмарев  
инициалы, фамилия

Красноярск 2019

## **РЕФЕРАТ**

В данной пояснительной записке рассмотрен процесс подготовки обессоленной воды для котлоагрегатов ТЭС высокого давления с применением противоточной технологии по методу АПКОРЕ на базе водоподготовительной установки филиала ОАО «ОГК-2» Киришская ГРЭС. Содержит 50 страниц текстового документа, 11 использованных источников, 4 листа графической части.

**ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА, ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА, ПРОТИВОТОЧНЫЙ ФИЛЬТР, ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.**

Процесс необходим для улучшения качества обессоленной воды, сокращения химических реагентов, потребления воды на собственные нужды, сокращение количества сточных вод, снижение загрязнения окружающей среды.

Дано описание технологической схемы. Произведен расчет блока противоточных фильтров. По исходным данным рассчитаны материальные балансы процессов:

- осветления;
- Н - катионирования;
- декарбонизации;

По результатам расчета принята модель блока противоточных фильтров.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                        | 4  |
| 1 Технологическая часть .....                                                                        | 6  |
| 1.1 Описание водоподготовительной установки, работающей на данный момент .....                       | 6  |
| 1.2 Краткая характеристика проектируемого процесса .....                                             | 7  |
| 1.3 Обоснование предлагаемых технических решений .....                                               | 9  |
| 1.4 Основные цели проекта .....                                                                      | 10 |
| 1.5 Ключевые преимущества технологии АПКОРЕ.....                                                     | 10 |
| 1.6 Дополнительные преимущества АПКОРЕ .....                                                         | 10 |
| 2 Исходные и вспомогательные материалы производства обессоленной воды.                               | 11 |
| 3 Оборудование станции .....                                                                         | 13 |
| 4 Описание работы обессоливающей установки .....                                                     | 14 |
| 5 Расчетная часть.....                                                                               | 20 |
| 5.1 Материальный баланс процесса .....                                                               | 20 |
| 5.2 Расчет блока противоточных фильтров .....                                                        | 25 |
| 6 Автоматизация технологического процесса .....                                                      | 33 |
| 7 Техника безопасности и охрана окружающей среды.....                                                | 34 |
| 8 Экологическая часть .....                                                                          | 39 |
| 8.1 Отходы при производстве обессоленной воды, сточные воды, методы их утилизации и переработки..... | 39 |
| 8.2 Классификация сточных вод.....                                                                   | 39 |
| 8.3 Методы очистки сточных вод.....                                                                  | 39 |
| 9 Экономическая часть .....                                                                          | 40 |
| 9.1 Обоснование мощности реконструируемой установки .....                                            | 41 |
| 9.2 Расчет годового фонда заработной платы .....                                                     | 41 |
| 9.3 Расчет себестоимости продукции водоподготовительной установки.....                               | 42 |
| 9.4 Смета цеховых расходов .....                                                                     | 43 |
| 9.5 Смета расходов по содержанию и эксплуатации оборудования.....                                    | 43 |
| 9.6 Техничко-экономические показатели работы производства .....                                      | 45 |
| 9.7 Срок окупаемости проекта .....                                                                   | 46 |
| 9.8 Расчет экономических показателей.....                                                            | 47 |
| Заключение .....                                                                                     | 49 |
| Список использованных источников .....                                                               | 50 |

## ВВЕДЕНИЕ

ОАО «Киришская ГРЭС» - крупнейшая тепловая электростанция Объединенной энергетической системы (ОЭС) Северо-Запада. Миссия Киришской ГРЭС заключается в обеспечении надежности и качества поставок энергоресурсов и энергоуслуг на согласованных с потребителем индивидуальных условиях.

Киришская ГРЭС осуществляет поставку электроэнергии широкого спектра напряжений от 0,4 до 330 кВ на оптовый рынок и собственным потребителям. Также компания является поставщиком тепловой энергии (технический пар 7, 14 кгс/см<sup>2</sup> и горячая вода), оказывает услуги по поставке обессоленной воды для «ПЕНОПЛЕКС», химически очищенной воды для котлов –утилизаторов «КИНЕФ», кислорода. Основными потребителями тепловой энергии являются КИНЕФ (75%) и город Кириши (20%).

Вопросы организации рационального водного режима и водоподготовки имеют важное значение в деле обеспечения надежной и экономичной эксплуатации тепловых электростанций. Согласно «Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей» (ПТЭ) режим эксплуатации водоподготовительных установок и водно-химический режим должны обеспечить работу электростанций и предприятий тепловых сетей без повреждений и снижения экономичности, вызванных коррозией внутренних поверхностей водоподготовительного, теплоэнергетического и сетевого оборудования, а также образованием накипи и отложений на теплопередающих поверхностях, отложений в проточной части турбин, шлама в оборудовании и трубопроводах электростанций и тепловых сетей.

Оборудование современных ТЭС эксплуатируется при высоких тепловых нагрузках, что требует жесткого ограничения толщины отложений на поверхностях нагрева по условиям температурного режима их металла в течение рабочей компании. Такие отложения образуются из примесей, поступающих в циклы электростанций, в том числе и с добавочной водой, поэтому обеспечение высокого качества водных теплоносителей ТЭС является важнейшей задачей водоподготовки. Использование водного теплоносителя высокого качества упрощает также решение задач получения чистого пара, минимизация скоростей коррозии конструктивных материалов котлов, турбин и оборудования конденсатно-питательного тракта. Таким образом, качество обработки воды для ТЭС тесным образом связано с надежностью и экономичностью эксплуатации современного высокоинтенсивного котлотурбинного оборудования.

Для удовлетворения разнообразных требований к качеству воды, потребляемой при выработке электрической и тепловой энергии, возникает необходимость специальной физико-химической обработки природной воды. Эта вода является исходным сырьем, которое после надлежащей обработки (очистки) используется для следующих целей:

а) в качестве исходного вещества для получения пара в котлах, парогенераторах;

- б) для конденсации отработавшего в паровых турбинах пара;
- в) для охлаждения различных аппаратов и агрегатов ТЭС;
- г) в качестве теплоносителя в тепловых сетях и системах горячего водоснабжения.

Выбор метода отработки воды, составление общей схем технологического процесса при применении различных методов, определение требований, предъявляемые к качеству очищенной воды, существенно зависят от состава исходных вод, типа электростанции, параметров ее, применяемого основного оборудования (паровых котлов и турбин), системы теплофикации горячего водоснабжения.

## **1 Технологическая часть**

Водоподготовительная установка ОАО «Киришская ГРЭС» предназначена для восполнения потерь пара и конденсата в схеме станции; для очистки производственного конденсата, для подпитки теплосети города и Киришского района, для приготовления химочищенной воды для котлов утилизаторов Киришского нефтеперерабатывающего завода. Обработка воды для восполнения потерь конденсата и пара осуществляется по схеме полного химического обессоливания.

### **1.1 Описание водоподготовительной установки, работающей на данный момент**

В осветлителях происходит процесс коагуляции – обработка и очищение воды специальными реагентами (коагулянт и полиакриламид) с целью удаления из нее коллоидных и грубодисперсных примесей. Затем коагулированная вода поступает на всас насосов коагулированной воды, а избыток в баки коагулированной воды. С НКВ вода поступает на механические фильтры. Здесь происходит глубокое удаление из воды грубодисперсных частиц, взвешенных хлопьев коагулянта и полиакриламида. Затем вода поступает в Н-катионитовые фильтры I ступени, где происходит замена всех катионов Ca, Mg, Na на катиониты водорода.

Так как после Н-катионитового фильтра вода становится кислой, фильтр отключается на регенерацию и обрабатывается серной кислотой. Затем вода поступает на анионитовый фильтр I ступени, где происходит освобождение от анионов сильных кислот ( $\text{SO}_4$ , Cl,  $\text{NO}_3$ ) и заменой их на гидроксид OH. Так как анионит теряет способность обессоливать воду, фильтр обрабатывается едким натром при отключении его на регенерацию. Затем вода поступает на декарбонизатор, где происходит удаление свободной углекислоты. После декарбонизатора частично обессоленная вода поступает в баки декарбонизированной воды, откуда поступает на Н-катионитовый фильтр II ступени, где улавливаются катионы Na, которые «проскочили» через фильтры I ступени. Затем вода поступает на анионитовый фильтр II ступени, где происходит освобождение от слабых кислот ( $\text{SO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ ) анионов. Затем обессоленная вода подается насосами декарбонизированной воды в деаэраторы.

Данной схеме, представленной на рисунке 1 необходима реконструкция для обеспечения надежной работы основного теплосилового оборудования. В проекте представлена схема противоточных фильтров, которая устранит такие проблемы как:

- высокие затраты на капитальный ремонт в связи с тем, что оборудование выработало свой ресурс. Срок эксплуатации составляет 54 года;
- высокие удельные расходы химических реагентов и воды на собственные нужды;
- для получения требуемого качества обессоленной воды расходуется

большое количество химических реагентов из-за низких фильтроциклов.

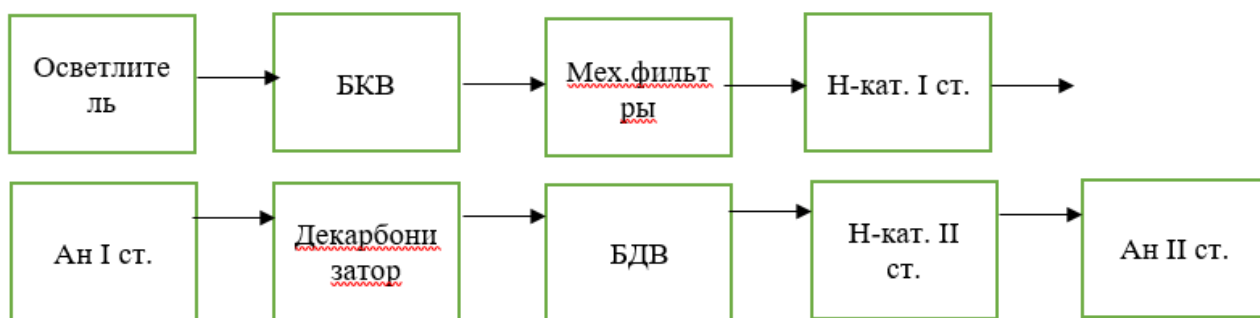


Рисунок 1 – Технологическая схема ВПУ

## 1.2 Краткая характеристика проектируемого процесса

Актуальной задачей для водоподготовительных ионообменных установок электростанций является снижение удельных расходов реагентов на регенерацию ионитов, сокращения количества используемых аппаратов и, соответственно, загружаемых в них дорогостоящих ионитов, сокращения расходов воды на собственные нужды и солевых стоков. Одним из основных направлений решения этой проблемы является применение противоточной технологии ионирования. Существуют параллельноточные и противоточные обессоливающие установки.

В параллельноточных ионитовых фильтрах регенерационный раствор при регенерации ионообменных смол подается в том же направлении, что и основной поток обрабатываемой воды. Подобные установки требуют больших эксплуатационных затрат, соответственно увеличивается и себестоимость обессоленной воды.

Более экономичными являются установки химобессоливания воды, работающие по принципу противотока, когда регенерация смолы проводится в направлении обратном рабочему потоку. Такой процесс регенерации гарантирует, что наиболее полно регенерируемый слой смолы - это слой непосредственно у выхода рабочего потока очищенной воды из фильтрующей загрузки смолы. Это обеспечивает получение высококачественной деминерализованной воды, уменьшая при этом вероятность проскока ионов загрязняющих веществ и максимально увеличивая рабочую обменную емкость загруженной смолы. Регенерация осуществляется быстрее и более эффективно при пониженном потреблении химических реагентов и промывочных вод.

Обычно противоточные системы конструируются таким образом, чтобы во время фильтроцикла (в рабочем режиме) они работали в нисходящем потоке (сверху - вниз), а во время регенерации - в восходящем. Возможен и альтернативный вариант, при котором фильтроцикл происходит в восходящем потоке, а регенерация - в нисходящем. Для обоих вариантов структура сжатого слоя смолы в восходящем потоке и, как следствие этого, качество процесса

ионообмена зависит от скорости потока, причем изменение скорости в первом варианте влияет на качество регенерации, а во втором - на качество обработанной воды. Поэтому, если при работе установки водоочистки можно ожидать каких-либо отклонений или нарушений потока воды, следует выбирать первый вариант противоточной системы или стабилизировать поток для второго варианта.

Стабилизация потока может быть достигнута установкой автоматической рециркуляционной системы, которая начинает действовать в случае неприемлемо низкой скорости потока. Одно из преимуществ обработки воды в восходящем потоке связано с гранулометрическим составом смол: более мелкие гранулы смолы располагаются в верхней части слоя у самого выхода, в результате имеется более высокая обменная способность и качество воды улучшается. Но, в тоже время, возникает необходимость установить внешнюю очистную систему (ловушки) для удаления из обработанной воды пылевидных частиц смолы и нерастворимых суспендированных твердых включений.

Отличительной особенностью многих противоточных систем является использование смолы с однородным гранулометрическим составом. В то время, как размеры гранул обычной смолы имеют нормальное распределение в диапазоне от 0,35 мм до 1,0-1,2 мм, размеры гранул смолы, например, Пьюролайт, значительно более однородны: 90 % имеют отклонения в пределах 10% от среднего размера. Применение этих смол обеспечивает лучшую кинетику, более высокую обменную емкость и длительный фильтроцикл, а также уменьшение потребления реагентов и промывочной воды.

Одна из технологий противоточной регенерации смол с нисходящим рабочим потоком, получившая название UP Co Re (АПКОРЕ), была разработана голландской фирмой Esmil Water Systems. Процесс основан на простом конструктивном решении, который не требует больших капиталовложений. Существующие прямоточные системы могут быть реконструированы для внедрения технологии АПКОРЕ.

Противоточные фильтры заполняются, таким объемом смолы, который оставляет минимум свободного пространства. Небольшая зона свободного пространства под плавающим слоем инертного материала (инерта) дает возможность для расширения слоя смолы во время рабочего цикла. В процессе регенерации инерт окружает верхнее распределительное устройство и позволяет регенерирующему раствору проходить на выход вместе с пылевидными частицами смолы и твердыми включениями, задерживая нормальные гранулы смолы. В начале регенерации восходящим потоком воды (в течение 3 мин.) смола поджимается к слою инерта, образуя зону свободного пространства в нижней части сосуда, которая сохраняется во время пропускания регенерирующего раствора и промывки. После завершения регенерации смола слой за слоем осаждается на дно сосуда, в процессе этих перемещений мелкие фракции (пылевидные частицы смолы и твердые включения) перемещаются в верхние слои. Там они остаются до последующего цикла регенерации. Этим обеспечивается самоочищение смолы, поэтому исключается применение



дополнительных емкостей для отдельной промывки смол.

Так как в рабочем режиме поток направлен сверху вниз, загрузка смолы не чувствительна к колебаниям потока, нет опасности нарушения ионных слоев. Высоко регенерированная зона в нижней части загрузки не загрязняется уже насыщенными частицами смолы из верхних слоев загрузки. Кроме того, легко можно осуществить послойное заполнение сосуда разными типами смол, при этом нет необходимости в использовании каких-либо приспособлений для механического разделения слоев. Для противоточных же систем с восходящим рабочим потоком, применение механических разделителей является необходимым условием стабильной работы послойной загрузки.

Для обессоливания используем блочный принцип обработки осветленной воды с противоточной регенерацией ионообменных смол по технологии АПКОРЕ. Качество воды после блока противоточных фильтров (БПФ), обработанной по схеме ионирования Н I - Д - ОН I, соответствует обработке воды на двух ступенях ионирования действующей схемы: НI - ОН I - Д - НII - ОН II.

### **1.3 Обоснование предлагаемых технических решений**

Методы обессолевания воды:

- ионный обмен (Н - ОН)
- мембранная технология (обратный осмос). Используется для воды с содержанием 300-500 мг/дм<sup>3</sup>;
- термическое обессоление (испарители). Используется для очистки воды с содержанием выше 800 мг/дм<sup>3</sup>.

Выбор данного метода обессолевания исходит из:

- производительность установки 1000 м<sup>3</sup>/ч;
- существующие реагентные хозяйства, капитальный ремонт которых был выполнен 2 года назад;
- собственные нужды обратного осмоса 30-40%, следовательно, необходима установка на 1500 м<sup>3</sup>/ч (собственные нужды Н-ОН 10%);
- опыта эксплуатации обратного осмоса на 1500 м<sup>3</sup>/ч очень мало;
- эксплуатационные затраты на обратный осмос – фильтры тонкой очистки 1 раз в квартал, замена мембран 1 раз в 3-5 лет, затраты по химическим реагентам на промывку мембран;
- Согласно ВНТП (нормы технического проектирования) при среднегодовом содержании анионов сильных кислот (SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>) в исходной воде до 5 мг-экв/дм<sup>3</sup> – целесообразно двухступенчатое обессоление.

Технология регенерации ионообменных смол является исключительно важным процессом. Среди проблем, связанных с регенерацией ионообменных смол, в первую очередь необходимо назвать следующие: объемы потребления химических реагентов и воды для регенераций, проблема стоков, возникающих в процессе регенерации, продолжительность процесса регенерации. АПКОРЕ - это современная технология противоточной регенерации уплотненных слоев ионообменной смолы, отличается простотой управления и легко поддается

автоматизации. Существующие прямоточные установки можно легко модифицировать для перевода их на технологию АПКОРЕ, в результате чего они могут работать по последнему слову ионообменной технологии. Технология АПКОРЕ позволяет без труда создавать послойные загрузки ионитов с разной степенью диссоциации и оптимизировать, таким образом, использование объема фильтра. Она не требует механических разделительных устройств. На процесс АПКОРЕ не оказывают никакого влияния изменения расхода и перерыв в рабочем цикле. Помимо всех преимуществ противоточной регенерации ионитов, процесс АПКОРЕ гарантирует значительную экономию времени, сил и средств.

#### **1.4 Основные цели проекта**

- уменьшение общего парка оборудования водоподготовительной установки при увеличении производительности;
- улучшение качества обессоленной воды;
- снижение себестоимости обессоленной воды;
- снижение удельных затрат химических реагентов;
- уменьшение потребления воды на собственные нужды и стоков до 7 - 8 %;
- снижение затрат на обслуживание водоподготовительной установки.

#### **1.5 Ключевые преимущества технологии АПКОРЕ**

- высокое качество очищенной воды;
- полное заполнение емкости фильтра ионообменной смолой (увеличение обменной емкости ионообменного фильтра);
- самоочистка ионообменной смолы от загрязнений и мелочи;
- исключение уноса зерен ионообменных смол из фильтра при рабочем цикле и регенерации (сокращение досыпки смолы до 80%);
- низкое потребление реагентов и воды на собственные нужды;
- незначительное количество стоков.

#### **1.6 Дополнительные преимущества АПКОРЕ**

- идеально подходит для реконструкции (минимум конструктивных изменений в существующих ионитных фильтрах с прямоточной регенерацией смол);
- остановки и изменения скорости потока не нарушают послойность загрузки смолы в рабочем цикле;
- возможность слойной загрузки слабо- и сильнофункциональной смолы в одну емкость без разделительной перегородки;
- исключен вынос мелочи из катионита в анионит в процессе обессоливания;
- возможность простого управления и автоматизации;
- низкие капитальные затраты при реконструкции.

## 2 Исходные и вспомогательные материалы производства обессоленной воды

Исходным сырьем для водоподготовительной установки является вода реки Волхов. Химический состав источника водоснабжения отображен в таблице 2 (с учетом сезонных изменений состава воды средние значения показателей качества за год).

Основным реагентом для осветления воды является коагулянт – сульфат алюминия ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 18\text{H}_2\text{O}$ ):

- он вызывает высоко - эффективную коагуляцию коллоидально-диспергированных частиц и органических веществ из воды, в результате которой образуется быстро выпадающий и хорошо отфильтрованный осадок;
- обеспечивает содержание остаточного алюминия не более 0,1 мг/л;
- обеспечивает стабильность процесса коагуляции;
- при введении в воду практически не снижает щелочность и pH обрабатываемой воды, что способствует уменьшению скорости коррозии металлов в системах водоснабжения и дает возможность отказа от щелочных агентов.

Таблица 2 – Качество исходного сырья для водоподготовительной установки

| Химический состав                       | Значение   |
|-----------------------------------------|------------|
| Щелочность ( $\text{HCO}_3$ ), мг/л     | 1,47       |
| Общее солесодержание, мг/л              | 166,15     |
| Окисляемость бихроматная, мг/л          | 45,9       |
| Ca, мг/л                                | 0,79       |
| Mg, мг/л                                | 0,81       |
| Na + K, мг/л                            | 27,9       |
| Cu, мг/л                                | 0,013      |
| Fe, мг/л                                | 0,83       |
| SiO <sub>2</sub> , мг/л                 | 2,99       |
| SO <sub>4</sub> , мг/л                  | 10,82      |
| Cl, мг/л                                | 13,8       |
| NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub> , мг/л | 0.049/0.56 |
| PO <sub>4</sub> , мг/л                  | 0.19       |
| Взвешенные частицы, мг/л                | 7,84       |
| Нефтепродукты, мг/л                     | 0,06       |
| Мутность                                | -          |
| pH                                      | 7,52       |

В настоящее время для загрузки в Н – катионитовых фильтрах используют сильнокислотные катиониты КУ-2-8, Леватит S 100, Пьюролайт С 100, Амберлайт Ир - 120. Для ОН – ионитовых фильтров используется Пьюролайт А847, Пьюролайт А400, Амберлайт IRA-900.

Катионитовые фильтры будут загружены сильнокислотным катионитом Пьюролайт SGC 500 - смола с гелеобразной структурой.

Анионитовые фильтры загружены послойно слабоосновным анионитом Пьюролайт SGA -847 и сильноосновным Пьюролайт SGA-400 Размеры гранул этих смол оптимизированы для послойных загрузок. В катионитовые и анионитовые фильтры загружается также инертная смола IP-4, которая сохраняет основной слой смолы блокированием коллекторной системы. Характеристика ионообменных смол и инерта представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика ионообменных смол и инерта

| Основные свойства                | Сильнокислотный катионит Пьюролайт SGC-500 | Слабоосновной анионит Пьюролайт PPA-847 | Сильноосновной анионит Пьюролайт PPA-400 | Инертная смола IP-4 |
|----------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|
| 1                                | 2                                          | 3                                       | 4                                        | 5                   |
| Товарная форма поставки          | H <sup>+</sup>                             | Свободное основание                     | Cl <sup>-</sup>                          | -                   |
| Матрица                          | Полистиролдив и-нилбензол гель             | Полистиролдив и-нилбензол макропористый | Полистиролдив и-нилбензол гель           | Полиэтилен          |
| Функциональная группа            | Сульфогруппа                               | Третичный амин                          | Четвертичный амин                        | -                   |
| Общая обменная емкость, мг-экв/л | 1,8                                        | 1,2                                     | 1,4                                      | -                   |
| Средний размер частиц, мм        | 0,55                                       | 0,3 – 0,9                               | 0,6 – 1,2                                | 1,6 – 2,4           |
| Плотность, г/мл                  | 1,21                                       | 1,04                                    | 1,1                                      | 0,96                |
| Насыпной вес, г/л                | 790                                        | 640                                     | 705                                      | 620                 |
| Рабочая температура макс., °С    | 130                                        | 60                                      | 100                                      | ПО                  |
| Диапазон pH                      | 0-14                                       | 0 - 7                                   | 0-14                                     | 0-14                |
| Высота слоя, мм                  | макс. 2800                                 | мин. 600                                | мин. 800                                 | мин. 200            |

## 2.1 Качество очищенной обессоленной воды

Целевым продуктом водоподготовительной установки является обессоленная вода для подпитки паровых котлов ТЭЦ. Качество обессоленной воды должно соответствовать нормам правил технической эксплуатации к добавочной воде для подпитки барабанных котлов высокого давления. Нормы качества обессоленной воды представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Нормы качества обессоленной воды

| Жесткость,<br>мг-экв/дм <sup>3</sup> | SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ,<br>мкг/ дм <sup>3</sup> | Fe <sup>3+</sup> ,<br>мкг/дм <sup>3</sup> | Na <sup>+</sup> ,<br>мкг/ дм <sup>3</sup> | CO <sub>2</sub> ,<br>мкг/дм <sup>3</sup> | Электро-<br>проводность,<br>мк-См/см | Нефтепродукты,<br>мкг/дм <sup>3</sup> |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Не более 1,0                         | Не >100,0                                                | Не >20,0                                  | Не >80,0                                  | Не > 5,0                                 | Не > 2,0                             | Отсутствие                            |

## 3 Оборудование станции

На теплофикационной части станции установлены паровые котлы ТГМ-84, работающие на природном газе. Производительность котлоагрегата 420 т/ч, давление пара 140 кгс/см<sup>2</sup> и температура 550 °С.

Котлоагрегат ТГМ-84 спроектирован по П-образной компоновке и состоит из топочной камеры, являющейся восходящим газоходом, и опускной конвективной шахты, разделённой на два газохода.

В конвективной шахте, разделённой на два газохода, размещены последовательно горизонтальный пароперегреватель и водяной экономайзер.

На котле установлен барабан, в котором организована сепарация и промывка пара питательной водой.

Пароперегреватель котла ТГМ-84 по характеру восприятия тепла радиационно-конвективный и состоит из трёх следующих основных частей: радиационной, ширмовой и конвективной.

Так же на ТЭЦ установлены паровые турбины:

- ПТ – 50 -130/7, тепловая нагрузка 110 Гкал/ч;
- ПТ – 60-130/13, тепловая нагрузка 139 Гкал/ч;
- Р – 40 -130/13, тепловая нагрузка 164 Гкал/ч;
- Р – 40 -130/19, тепловая нагрузка 164 Гкал/ч.

Конденсационная часть станции представлена в виде 5-ти энергоблоков по 300 МВт каждый, 2 из которых – моноблоки с котлами ТГМП-324 и три дубли-блока с котлами ТГМП-114, в качестве паровой турбины установлена К-300-240 на всех блоках.

ТГМП-324 – котлы сверхкритического давления, прямоточные, П – образные. Параметры пара на выходе из первичного пароперегревателя 240 кгс/см<sup>2</sup> и 540 °С, соответственно. На выходе из промежуточного пароперегревателя пар имеет такую же температуру с давлением 3,2 кгс/см<sup>2</sup>. Производительность котельного агрегата составляет 1000 т/ч. Топка котла

оборудована 16-ю газомазутными горелками, расход газа на котле при 100% нагрузке составляет 83 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

ТГМП-114 – являются также котлами сверхкритического давления, производительность одного котла (корпуса) составляет 500 т/ч.

Помимо теплофикационной и конденсационной части ХВО обеспечивает водой два котла-утилизатора парогазового блока (ПГУ). Котел П-132 – трехконтурный, высокого давления, горизонтального исполнения с промежуточным пароперегревателем. Давление пара на выходе из первичного ПП составляет 15 МПа, температура 540 °С, пар после промперегрева имеет давление 3,14 Мпа и температуру 535 °С. Суммарная производительность КУ при максимальной нагрузке составляет 930 т/ч. Нормы качества воды для котлов-утилизаторов соответствуют качеству воды для котлов сверхкритического давления.

Помимо котлов в состав ПГУ входят две газотурбинные установки производства Siemens, с установленной мощностью 280 МВт и паровая турбина К-245-13,3, установленной мощностью 245 МВт.

Водно-химический режим электростанций должен обеспечивать работу теплосилового оборудования без повреждений и снижения экономичности, вызванных образованием:

- накипи, отложений на поверхностях нагрева;
- шлама в котлах, тракте питательной воды и в тепловых сетях;
- коррозии внутренних поверхностей теплоэнергетического оборудования и тепловых сетей; отложений в проточной части паровых турбин; отложений на поверхностях трубок конденсаторов турбин.

К основным мероприятиям по поддержанию нормируемых показателей водно-химического режима энергоблоков ТЭС относятся:

- предпусковые промывки оборудования; постоянная продувка котлов при установившихся режимах и усиленная во время переходных режимов;
- фосфатирование котловой воды; проведение эксплуатационных промывок оборудования;
- обессоливание и обескремнивание добавочной воды; удаление свободной угольной кислоты из добавочной химически обработанной воды;
- обезжелезивание и обессоливание основного конденсата турбин и других конденсатов в случае необходимости;
- деаэрация турбинного конденсата и питательной воды;
- введение в пароводяной цикл корректирующих химических реагентов, соответствующих данному водно-химическому режиму;
- автоматическая дозировка добавок, корректирующих водный режим.

#### **4 Описание работы обессоливающей установки**

Для обессоливания использован блочный принцип обработки осветленной воды с противоточной регенерацией ионообменных смол по технологии АПКОРЕ. Качество воды после блока противоточных фильтров (БПФ),

обработанной по схеме ионирования Н I - Д - ОН I, соответствует обработке воды на двух ступенях ионирования действующей схемы: НI - ОН I - Д - НII - ОН II.

В состав БПФ входят:

- два фильтра, работающих по технологии АПКОРЕ. Один фильтр (Н I) загружается сильнокислотным катионитом, а другой (ОН I) - анионитами в два слоя: нижний слой - сильноосновной, верхний слой - слабоосновной
- запорная арматура с трубопроводами обвязки фильтров
- приборы контроля расхода жидкости, электропроводности, рН очищенной воды и перепада давления на фильтрах.

Схема обессоливания ВПУ на базе фильтров ФИПа I - 3 – 0,6 состоит из восьми блоков, в том числе один резервный.

После предварительной очистки осветленная вода по трем трубопроводам поступает на установку обессоливания. Вода проходит сначала Н – катионитовые фильтры, затем декарбонизаторы и после, ОН – катионитовые фильтры. Технологическая схема блока противоточных фильтров представлена на рисунке 2.

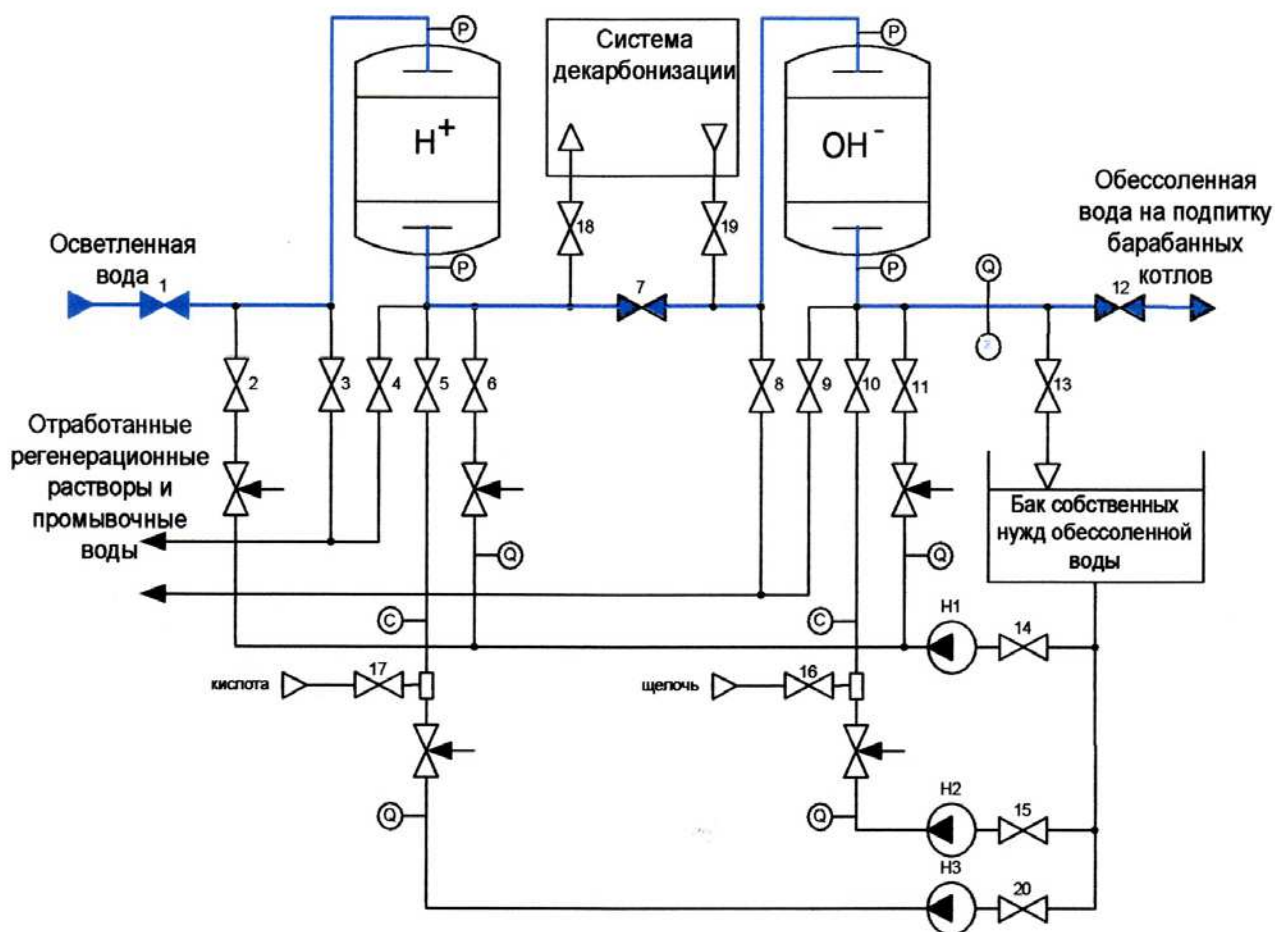


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема блока противоточных фильтров

Осветленная вода через задвижку 1 поступает на Н – катионитовый

фильтр, проходит его, освобождаясь от катионов кальция, натрия, магния и др. и через задвижку 18 поступает в систему декарбонизаторы и баки декарбонизованной воды. Декарбонизованная вода насосами декарбонизованной воды перекачивается через задвижку 19 на ОН – анионитовый фильтр, где происходит обессоливание воды. Обессоленная вода через задвижку 12 перекачивается на ТЭЦ на подпитку барабанных котлов. Ионитные фильтры загружаются слоем ионообменной смолы. В процессе работы ионит теряет способность. Для реактивации смолы, а также для удаления твердой взвеси и мелких частиц смолы проводится регенерация. Регенерация фильтров делится на несколько стадий:

- уплотнение
- подача регенерирующего раствора
- вытеснение
- осаждение
- быстрая окончательная промывка

Сначала слой смолы уплотняется восходящим потоком воды, прижимающим ее к гранулам инерта. Величина расхода, требуемая для уплотнения, составляет 30 м/ч. Для полного уплотнения слоя смолы требуется три минуты. При уплотнении слой смолы в значительной степени освобождается от взвешенных твердых частиц, которые осаждаются на его поверхности в результате фильтрации в ходе рабочего цикла. Помимо этого, он освобождается от мелких частиц смолы в результате гидродинамического сдвига.

После уплотнения слой смолы остается неподвижным даже при снижении расхода. Это позволяет проводить регенерацию при величине расхода, которая обеспечивает достижение оптимальных результатов с точки зрения концентрации регенеранта и продолжительности его контакта со смолой. Очистке смолы дополнительно способствует изменение объема ее гранул. Регенерацию Н - катионитовых фильтров проводят 1 - 3 % раствором серной кислоты, а анионитовых фильтров - 2.5 % раствором щелочи NaOH. При этом регенерирующий раствор подается в фильтры снизу-вверх. После этого следует медленная промывка вытеснением. Для этого поток воды подается снизу-вверх с расходом, равным величине расхода в процессе регенерации. Стадии подачи регенерационного раствора и вытеснения показаны на рисунке 3.



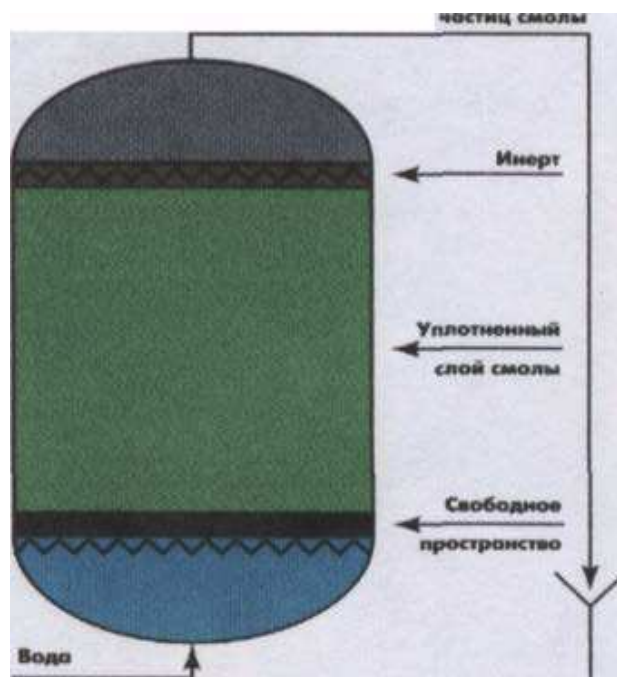


Рисунок 3 – Стадия уплотнения ионообменной смолы

По завершении промывки подача воды прекращается, и слой смолы свободно оседает. Для осаждения уплотненного слоя требуется пять минут. Стадия осаждения показана на рисунке 4.

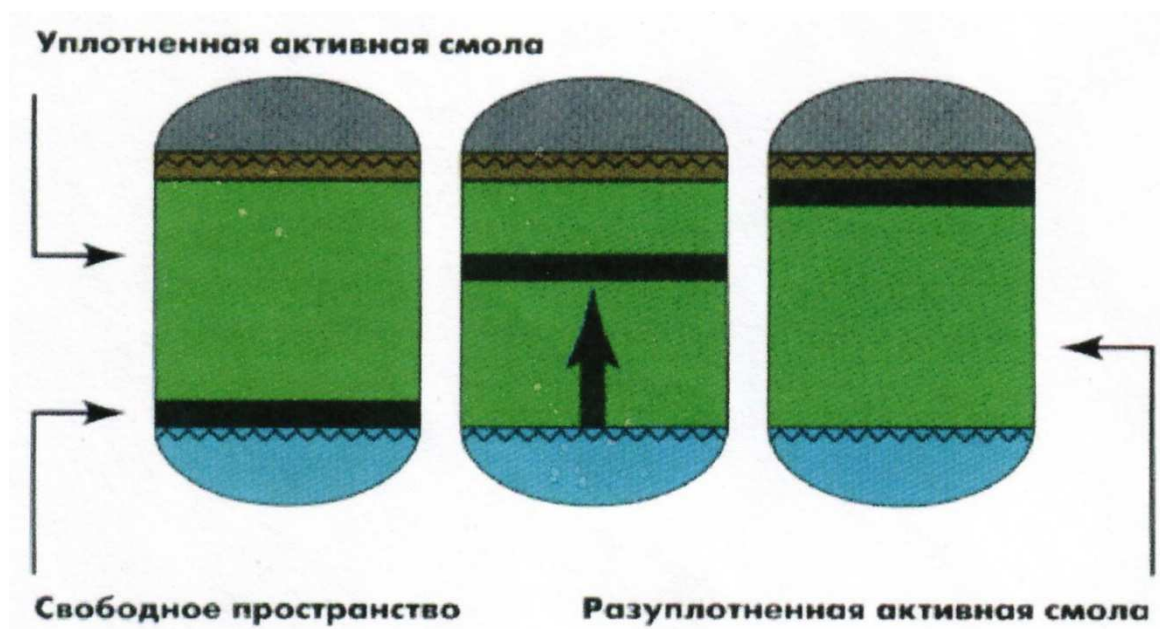


Рисунок 4 – Осаждение уплотненной смолы

Осаждение смолы приводит к ее разрыхлению, поэтому все оставшиеся в слое смолы мелкие частицы перемещаются в верхнюю часть фильтра, откуда они удаляются при новом уплотнении. Этим предотвращается перенос мелких частиц смолы в следующий технологический аппарат во время рабочего цикла.

Цикл регенерации завершается быстрой окончательной промывкой, посредством рециркуляции между катионитовым и анионитовым фильтром.

Для удаления свободной углекислоты из обрабатываемой воды необходима ее декарбонизация. Декарбонизация осуществляется в декарбонизаторах. Они работают на принципе десорбции в условиях противотока воды и воздуха, подаваемого снизу специальным вентилятором. Аналитический контроль представлен в таблице 6 и 7

Таблица 6 – Аналитический контроль

| Вода                                       | Щелочность | Жесткость | Хлориды | SiO <sub>2</sub> | pH | CO <sub>2</sub> | Кислотность |
|--------------------------------------------|------------|-----------|---------|------------------|----|-----------------|-------------|
| Исходная, мг /л                            | +          | +         | +       | +                | +  |                 |             |
| Н-катионированная, мкг-экв/дм <sup>3</sup> |            | +         |         |                  |    |                 | +           |
| Декарбонизованная, мг-экв/дм <sup>3</sup>  |            |           |         |                  |    | +               |             |
| Обессоленная, мкг-экв/дм <sup>3</sup>      | +          |           | +       | +                |    |                 |             |

Таблица 7 – Аналитический контроль

| Вода                                       | AL | Fe | SiO <sub>2</sub> | Na | Окисляемость |
|--------------------------------------------|----|----|------------------|----|--------------|
| Исходная, мг /л                            | +  | +  | +                |    | +            |
| Н-катионированная, мкг-экв/дм <sup>3</sup> | +  | +  |                  |    | +            |
| Обессоленная, мкг-экв/дм <sup>3</sup>      | +  | +  | +                | +  | +            |

#### 4.1 Характеристика основного оборудования в процессе производства обессоленной воды

Ионитный противоточный фильтр (представленный на рисунке 7) состоит из корпуса, нижнего и верхнего дренажно-распределительных устройств, трубопроводов, арматуры, устройств для отбора проб воды на химический анализ. Корпус фильтра представляет собой сварной цилиндр, изготовленный из листовой стали, с приваренными к нему верхним и нижним эллиптическими днищами. Корпус фильтра снабжен двумя люками. Верхний люк предназначен для загрузки фильтрующего материала, осмотра и ремонта элементов верхнего дренажно-распределительного устройства, а также для контроля за состоянием поверхности фильтрующего материала. Нижний люк служит для производства монтажных работ внутри фильтра, контроля за состоянием нижнего дренажно-распределительного устройства и его ремонта. В верхней части фильтра к корпусу приварен трубопровод для загрузки фильтрующего материала. В нижней части фильтра на уровне нижнего дренажно-распределительного устройства имеется трубопровод для гидравлической выгрузки фильтрующего материала. Для отвода воздуха из фильтра при заполнении

его водой к верхнему днущу приварена труба - воздушник.

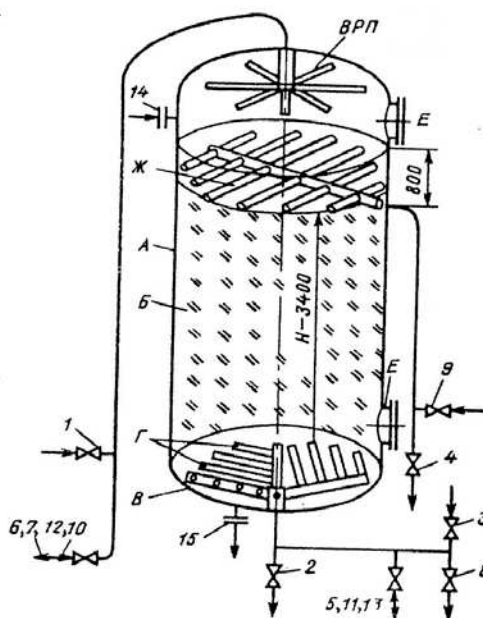


Рисунок 7 – Противоточный фильтр

Декарбонизатор представляет собой цилиндрический стальной бак 1, внутри которого располагается насадка 2, состоящая из колец Рашига. Н - катионированная вода подается в декарбонизатор сверху через патрубок 4. Со щита 6 она сливается через распределительные сопла 5 на поверхность насадки. Обработываемая вода омывает элементы насадки тонким слоем, а навстречу ей движется воздух, подаваемый в декарбонизатор вентилятором через патрубок 7. Удаляемая из воды углекислота переходит в воздух и вместе с ним выводится из декарбонизатора в атмосферу через патрубок 3. Прошедшая очистку вода стекает в поддон декарбонизатора и по патрубку 8 поступает в бак декарбонизированной воды, который располагается под днищем декарбонизатора. Для защиты декарбонизатора от коррозии и предотвращения загрязнения воды продуктами коррозии металла внутренняя поверхность аппарата покрывается перхлорвиниловым лаком. На верхней крышке аппарата установлен брызгоуловитель для предотвращения чрезмерного уноса влаги воздухом и обледенения воздухопровода за пределами здания. Для предотвращения утечек воздуха сливной штуцер внизу декарбонизатора снабжен гидравлическим затвором. Для загрузки и выгрузки колец Рашига предусмотрены два люка.

В схеме водоподготовительной установки имеются четыре декарбонизатора производительностью  $255 \text{ м}^3/\text{ч}$ , четыре бака декарбонизированной воды, четыре насоса декарбонизированной воды. Конструкция верхнего и нижнего дренажного устройства представлено на рисунке 8 и 9, соответственно

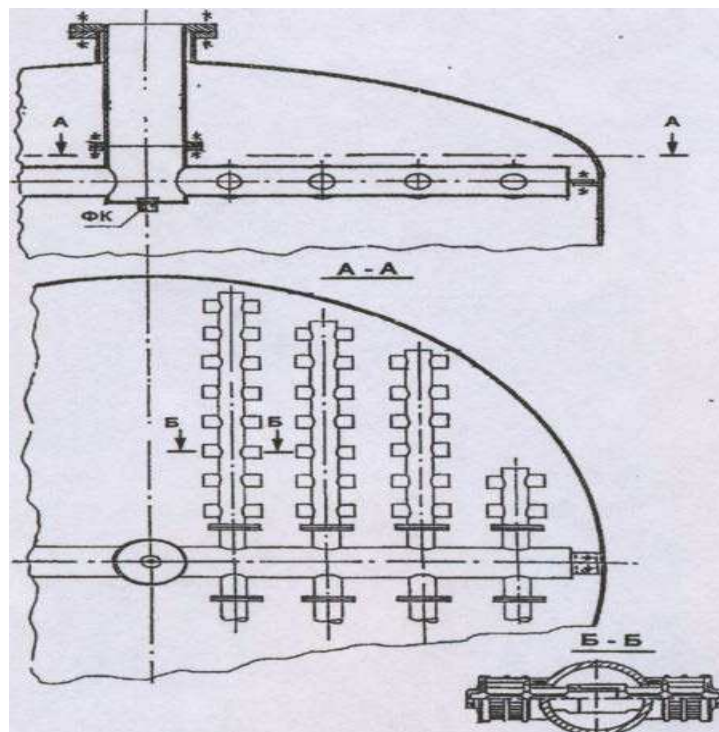


Рисунок 8 – Верхнее дренажно-распределительное устройство

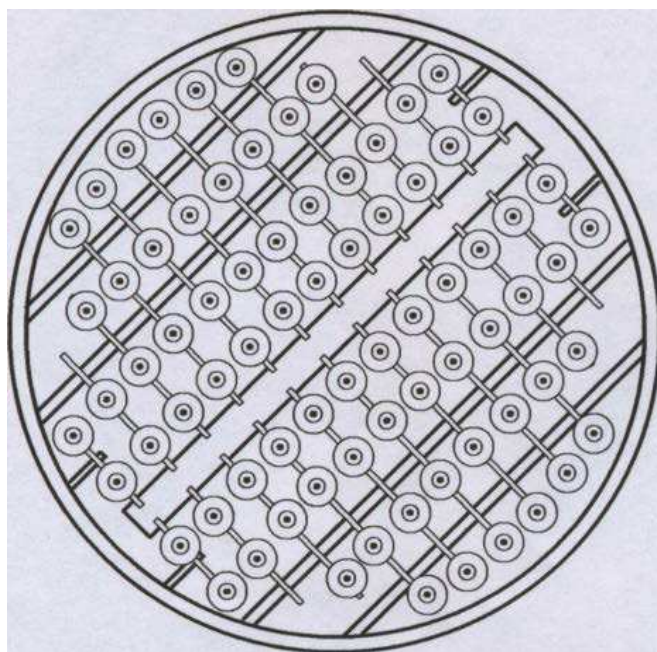


Рисунок 9 – Нижнее дренажно-распределительное устройство, выполненное в виде трубчатой системы с фильтровальными колпачками

## 5 Расчетная часть

### 5.1 Материальный баланс процесса

Материальный баланс ВПУ составлен в соответствии с принятой технологической схемой ВПУ, последовательно по всем ее стадиям. Рассчитан на 1000кг массы обрабатываемой воды. Результаты расчета материального баланса стадии приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Материальный баланс процессов водоподготовки

| Компоненты                     | Исходная вода |           | Обессоленная вода |                          |
|--------------------------------|---------------|-----------|-------------------|--------------------------|
|                                | кг            | %         | кг                | %                        |
| Ca <sup>2+</sup>               | 0,026         | 0,0026    | 0,000008          | 0,0008·10 <sup>-3</sup>  |
| Mg <sup>2+</sup>               | 0,0126        | 0,00126   | 0,0000024         | 0,00024·10 <sup>-3</sup> |
| Na <sup>+</sup>                | 0,0086        | 0,00086   | 0,000053          | 0,0053·10 <sup>-3</sup>  |
| Fe <sup>3+</sup>               | 0,00213       | 0,000213  | 0,00001           | 0,001·10 <sup>-3</sup>   |
| Al <sup>3+</sup>               | 0,00205       | 0,000205  | 0                 | 0                        |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | 0,03715       | 0,003715  | 0                 | 0                        |
| Cl <sup>-</sup>                | 0,02905       | 0,002905  | 0                 | 0                        |
| NO <sub>3</sub>                | 0,00083       | 0,000083  | 0                 | 0                        |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 0,011         | 0,0011    | 0,000053          | 0,0053·10 <sup>-3</sup>  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,04685       | 0,004685  | 0                 | 0                        |
| CO <sub>2</sub>                | 0,0187        | 0,00187   | 0                 | 0                        |
| Взвешенные вещества            | 0,0169        | 0,00169   | 0                 | 0                        |
| Органические вещества          | 0,0334        | 0,00334   | 0                 | 0                        |
| Прочие примеси                 | 0,00512       | 0,000512  | 0                 | 0                        |
| H <sub>2</sub> O               | 999,74962     | 99,974962 | 999,74962         | 99,974962                |
| Извлеченные примеси            | -             | -         | 0,2502536         | 0,02502536               |
| Всего                          | 1000          | 100       | 1000              | 100                      |

Материальный баланс стадии осветления воды показан в таблице 9.

Таблица 9 – Материальный баланс стадии осветления воды

| Компоненты       | Исходная вода |        | Осветленная вода |        |
|------------------|---------------|--------|------------------|--------|
|                  | кг            | %      | кг               | %      |
| Ca <sup>2+</sup> | 0,026         | 0,0026 | 0,026            | 0,0026 |

## Окончание таблицы 9

| 1                              | 2         | 3         | 4         | 5         |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Mg <sup>2+</sup>               | 0,0126    | 0,00126   | 0,0126    | 0,00126   |
| Na <sup>+</sup>                | 0,0086    | 0,00086   | 0,0086    | 0,00086   |
| Fe <sup>3+</sup>               | 0,00213   | 0,000213  | 0,000105  | 0,0000105 |
| Al <sup>3+</sup>               | 0,00205   | 0,000205  | 0,000098  | 0,0000098 |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | 0,03715   | 0,003715  | 0,03715   | 0,003715  |
| Cl <sup>-</sup>                | 0,02905   | 0,002905  | 0,02905   | 0,002905  |
| NO <sub>3</sub>                | 0,00083   | 0,000083  | 0,00083   | 0,000083  |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 0,011     | 0,0011    | 0,0105    | 0,00105   |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,04685   | 0,004685  | 0,04685   | 0,004685  |
| CO <sub>2</sub>                | 0,0187    | 0,00187   | 0,0187    | 0,00187   |
| Взвешенные вещества            | 0,0169    | 0,00169   | 0,001     | 0,0001    |
| Органические вещества          | 0,0334    | 0,00334   | 0,0041    | 0,00041   |
| Прочие примеси                 | 0,00512   | 0,000512  | 0,00512   | 0,000512  |
| H <sub>2</sub> O               | 999,74962 | 99,974962 | 999,74962 | 99,974962 |
| Извлеченные примеси            | -         | -         | 0,049677  | 0,0049677 |
| Всего                          | 1000      | 100       | 1000      | 100       |

После осветления вода подвергается обессоливанию. Процесс обессоливания подразделяется на несколько стадий: Н-катионирование, декарбонизация, ОН-анионирование. Результаты расчета материального баланса стадии Н-катионирования приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Материальный баланс стадии Н-катионирования воды

| Компоненты       | Осветленная вода |         | Н-катионированная вода |                            |
|------------------|------------------|---------|------------------------|----------------------------|
|                  | кг               | %       | кг                     | %                          |
| Ca <sup>2+</sup> | 0,026            | 0,0026  | 0,000008               | 0,0008 · 10 <sup>-3</sup>  |
| Mg <sup>2+</sup> | 0,0126           | 0,00126 | 0,0000024              | 0,00024 · 10 <sup>-3</sup> |
| Na <sup>+</sup>  | 0,0086           | 0,00086 | 0,000053               | 0,0053 · 10 <sup>-3</sup>  |

## Окончание таблицы 10

| 1                              | 2          | 3                        | 4          | 5                         |
|--------------------------------|------------|--------------------------|------------|---------------------------|
| Fe <sup>3+</sup>               | 0,000105   | 0,0000105                | 0,00001    | 0,001·10 <sup>-3</sup>    |
| Al <sup>3+</sup>               | 0,000098   | 0,0000098                | 0          | 0                         |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | 0,03715    | 0,0037152                | 0,03715    | 0,0037152                 |
| Cl <sup>-</sup>                | 0,02905    | 2,90514·10 <sup>-3</sup> | 0,02905    | 2,90514·10 <sup>-3</sup>  |
| NO <sub>3</sub>                | 0,00083    | 0,000083                 | 0,00083    | 0,000083                  |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 0,0105     | 0,00105                  | 0,0105     | 0,00105                   |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0,04685    | 4,68523·10 <sup>-3</sup> | 0          | 0                         |
| CO <sub>2</sub>                | 0,0187     | 0,00187                  | 0,0205     | 0,00205                   |
| Взвешенные вещества            | 0,001      | 0,0001                   | 0          | 0                         |
| Органические вещества          | 0,0041     | 0,00041                  | 0,0041     | 0,00041                   |
| Прочие примеси                 | 0,00512    | 0,000512                 | 0,00311    | 0,000311·10 <sup>-3</sup> |
| H <sub>2</sub> O               | 999,74962  | 99,97993                 | 999,74962  | 99,97993                  |
| Извлеченные примеси            | -          | -                        | 0,0953896  | 0,0095393                 |
| Всего                          | 999,950323 | 100                      | 999,950323 | 100                       |

В таблице 11 представлен материальный баланс стадии декарбонизации воды.

Таблица 11 – Материальный баланс стадии декарбонизации воды

| Компоненты       | Н-катионированная вода |                          | Декарбонизованная вода |                          |
|------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
|                  | кг                     | %                        | кг                     | %                        |
| Ca <sup>2+</sup> | 0,000008               | 0,0008·10 <sup>-3</sup>  | 0,000008               | 0,0008·10 <sup>-3</sup>  |
| Mg <sup>2+</sup> | 0,0000024              | 0,00024·10 <sup>-3</sup> | 0,0000024              | 0,00024·10 <sup>-3</sup> |
| Na <sup>+</sup>  | 0,000053               | 0,0053·10 <sup>-3</sup>  | 0,000053               | 0,0053·10 <sup>-3</sup>  |
| Компоненты       | Н-катионированная вода |                          | Декарбонизованная вода |                          |
|                  | кг                     | %                        | кг                     | %                        |

## Окончание таблицы 11

| 1                              | 2          | 3                        | 4          | 5                        |
|--------------------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| Fe <sup>3+</sup>               | 0,00001    | 0,001·10 <sup>-3</sup>   | 0,00001    | 0,001·10 <sup>-3</sup>   |
| Al <sup>3+</sup>               | 0          | 0                        | 0          | 0                        |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | 0,03715    | 3,7155·10 <sup>-3</sup>  | 0,03715    | 3,7155·10 <sup>-3</sup>  |
| Cl <sup>-</sup>                | 0,02905    | 2,90514·10 <sup>-3</sup> | 0,02905    | 2,9054·10 <sup>-3</sup>  |
| NO <sub>3</sub>                | 0,00083    | 0,08301·10 <sup>-3</sup> | 0,00083    | 0,08301·10 <sup>-3</sup> |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 0,0105     | 0,00105                  | 0,0105     | 0,00105                  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0          | 0                        | 0          | 0                        |
| CO <sub>2</sub>                | 0,0205     | 0,00205                  | 0,004      | 0,0004                   |
| Взвешенные вещества            | 0          | 0                        | 0          | 0                        |
| Органические вещества          | 0,0041     | 0,00041                  | 0,004      | 0,00041                  |
| Прочие примеси                 | 0,00311    | 0,31105·10 <sup>-3</sup> | 0,00311    | 0,31105·10 <sup>-3</sup> |
| H <sub>2</sub> O               | 999,74962  | 99,98947                 | 999,74962  | 99,98947                 |
| Извлеченные примеси            | -          | -                        | 0,0165     | 0,00165                  |
| Всего                          | 999,854933 | 100                      | 999,854933 | 100                      |

Результаты расчета материального баланса стадии окончательного обессоливания приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Материальный баланс стадии обессоливания воды

| Компоненты                    | Декарбонизованная вода |                          | Обессоленная вода |                          |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
|                               | кг                     | %                        | кг                | %                        |
| Ca <sup>2+</sup>              | 0,000008               | 0,0008·10 <sup>-3</sup>  | 0,000008          | 0,0008·10 <sup>-3</sup>  |
| Mg <sup>2+</sup>              | 0,0000024              | 0,00024·10 <sup>-3</sup> | 0,0000024         | 0,00024·10 <sup>-3</sup> |
| Na <sup>+</sup>               | 0,000053               | 0,0053·10 <sup>-3</sup>  | 0,000053          | 0,0053·10 <sup>-3</sup>  |
| Fe <sup>3+</sup>              | 0,00001                | 0,001·10 <sup>-3</sup>   | 0,00001           | 0,001·10 <sup>-3</sup>   |
| Al <sup>3+</sup>              | 0                      | 0                        | 0                 | 0                        |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 0,03715                | 3,7155·10 <sup>-3</sup>  | 0                 | 0                        |
| Cl <sup>-</sup>               | 0,02905                | 2,9054·10 <sup>-3</sup>  | 0                 | 0                        |



## Окончание таблицы 12

| 1                              | 2          | 3                        | 4          | 5                       |
|--------------------------------|------------|--------------------------|------------|-------------------------|
| NO <sub>3</sub>                | 0,00083    | 0,08301·10 <sup>-3</sup> | 0          | 0                       |
| SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | 0,0105     | 0,00105                  | 0,000053   | 0,0053·10 <sup>-3</sup> |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0          | 0                        | 0          | 0                       |
| CO <sub>2</sub>                | 0,004      | 0,0004                   | 0          | 0                       |
| Взвешенные вещества            | 0          | 0                        | 0          | 0                       |
| Органические вещества          | 0,004      | 0,00041                  | 0          | 0                       |
| Прочие примеси                 | 0,00311    | 0,31105·10 <sup>-3</sup> | 0          | 0                       |
| H <sub>2</sub> O               | 999,74962  | 99,991118                | 999,74962  | 99,991118               |
| Извлеченные примеси            | -          | -                        | 0,088687   | 0,00887013              |
| Всего                          | 999,838433 | 100                      | 999,838433 | 100                     |

## 5.2 Расчет блока противоточных фильтров

Расчет блока противоточных фильтров включает в себя расчет Н-катионитного, и ОН-анионитного фильтров.

### 5.2.1 Расчет Н-катионитного фильтра

Требуемая площадь фильтрования, м<sup>2</sup>:

$$F=Q / W, \quad (1.1)$$

где Q - производительность, м<sup>3</sup>/ч;

W – скорость фильтрования, м/ч.

$$F=157,4/23=6,8 \text{ м}^2$$

Характеристика Н-катионитного фильтра представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Характеристика Н-катионитного фильтра

| Диаметр, м | Площадь, м <sup>2</sup> | Высота, м |                                 |
|------------|-------------------------|-----------|---------------------------------|
|            |                         | Общая, Н  | Слоя катионита, h <sub>сл</sub> |
| 3,0        | 6,8                     | 3,1       | 2,786                           |

Продолжительность фильтроцикла, ч:

$$T + t = f \cdot h_{\text{сл}} \cdot E_p / (Q \cdot C), \quad (1.2)$$

где  $T$  - полезная продолжительность фильтроцикла от начала работы фильтра до начала его регенерации, ч;

$t$  - продолжительность операций, связанных с регенерацией фильтра, ч;

$f$  - площадь фильтрования, м;

$h_{\text{сл}}$  - высота слоя катионита, м;

$E_p$  - рабочая обменная емкость катионита,  $E_p = 660$  мг-экв/м<sup>3</sup>;

$C$  - сумма катионов поступающей на фильтр, мг-экв/кг:

$$C = C_{\text{Ca}^{2+}} + C_{\text{Mg}^{2+}} + C_{\text{Na}^{+}} \quad (1.3)$$

где  $C_{\text{Ca}^{2+}}$  - концентрация ионов кальция, мг-экв/кг;

$C_{\text{Mg}^{2+}}$  - концентрация ионов магния, мг-экв/кг;

$C_{\text{Na}^{+}}$  - концентрация ионов натрия, мг-экв/кг.

$$C = 1,1 + 0,9 + 0,723 = 2,723$$

$$(T + t) = 6,8 \cdot 2,786 \cdot 660 / (157,4 \cdot 2,723) = 29,17$$

Суточное число регенераций фильтра:

$$m = 24 / (T + t) \quad (1.4)$$

$$m = 24 / 29,17 = 0,82$$

Расход 100 %-ного реагента на регенерацию, кг:

$$\sigma^{100} = f \cdot h_{\text{сл}} \cdot b \quad (1.5)$$

где  $b$  - удельный расход реагента на регенерацию,  $b = 57,74$  кг/м<sup>3</sup>.

$$\sigma^{100} = 6,8 \cdot 2,786 \cdot 57,74 = 1094$$

Суточный расход 100 %-ного реагента на регенерацию, кг:

$$\sigma_{\text{сут}}^{100} = \sigma^{100} \cdot m \quad (1.6)$$

$$\sigma_{\text{сут}}^{100} = 1094 \cdot 0,82 = 897$$

Расход воды на стадию сжатия (уплотнения) ионообменной смолы:

$$V_{сж} = f \cdot v_{сж} \cdot \tau_{сж} \quad (1.7)$$

где  $v_{сж}$  - скорость сжатия катионита,  $v_{сж} = 31$  м/ч;  
 $\tau_{сж}$  - время сжатия катионита,  $\tau_{сж} = 0,05$  ч.

$$V_{сж} = 6,8 \cdot 31 \cdot 0,05 = 10,6$$

Расход воды на приготовление регенерационных растворов с концентрацией 1,0 и 3,0%, м<sup>3</sup>:

$$V_{pp\ 1,0/3,0} = \sigma^{100}_{1,0/3,0} \cdot 100 / (C_{pp} \cdot 1000) \quad (1.8)$$

где  $C_{pp}$  – концентрация регенерационного раствора;  
 $\sigma^{100}_{1,0/3,0}$  - расход 100 % реагента на приготовление регенерационных растворов с концентрацией 1,0 и 3,0 %.

$$V_{pp1,0} = 43,7 \cdot 100 / (1,0 \cdot 1000) = 43,7$$

$$V_{pp3,0} = 657 \cdot 100 / (3,0 \cdot 1000) = 21,9$$

Расход воды на приготовление регенерационного раствора, м<sup>3</sup>:

$$V_{pp} = V_{pp1,0} + V_{pp3,0} \quad (1.9)$$

$$V_{pp} = 43,7 + 21,9 = 65,6$$

Объемный расход воды на отмывку, м<sup>3</sup>:

$$V_{отм} = f \cdot h_{сл} \cdot a \quad (1.10)$$

где  $a$  - удельный расход воды на отмывку,  $a = 2,4$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

$$V_{отм} = 6,8 \cdot 2,786 \cdot 2,4 = 45,6$$

Суммарный расход воды на регенерацию, м<sup>3</sup>:

$$V_{сум} = V_{сж} + V_{pp} + V_{отм} \quad (1.11)$$

$$V_{сум} = 10,6 + 65,6 + 45,6$$

Время пропуска регенерационных растворов с концентрацией 1,0 и 3,0%,  
 ч:

$$\tau_{pp1,0/3,0} = V_{pp} / (f \cdot v_{pp}) \quad (1.12)$$

где  $v_{pp}$  - скорость пропуска регенерационного раствора,  $v_{pp} = 15$  м/ч

Время пропуска регенерационного раствора с концентрацией 1,0 %, ч:

$$\tau_{pp1,0} = 43,7 / (6,8 \cdot 15) = 0,43$$

Время пропуска регенерационного раствора с концентрацией 3,0%, ч:

$$\tau_{pp3,0} = 21,9 / (6,8 \cdot 15) = 0,2$$

Время пропуска регенерационного раствора, ч

$$\tau_{pp} = \tau_{pp1,0} + \tau_{pp3,0} \quad (1.13)$$

$$\tau_{pp1,0/3,0} = 0,43 + 0,2 = 0,63$$

Время отмывки, ч:

$$\tau_{отм} = V_{отм} \cdot 60 / (f \cdot v_{отм}) \quad (1.14)$$

где  $v_{отм}$  – скорость отмывки,  $v_{отм} = 15$  м/ч.

$$\tau_{отм} = 45,6 / (6,8 \cdot 15) = 0,43$$

Суммарное время регенерации, ч:

$$t = \tau_{сж} + \tau_{pp} + \tau_{осажд} + \tau_{рецирк} \quad (1.15)$$

где  $\tau_{осажд}$  - продолжительность стадии осаждения катионита,  $\tau_{осажд} = 0,17$  ч;

$\tau_{рецирк}$  – продолжительность стадии рециркуляции,  $\tau_{рецирк} = 0,5$  ч.

$$t = 0,05 + 0,62 + 0,43 + 0,17 + 0,5 = 1,77$$

Часовой расход на собственные нужды, м<sup>3</sup>/ч:

$$q_{сн} = (V_{сум} \cdot m) / 24 \quad (1.16)$$

$$q_{сн} = (122 \cdot 0,82) / 24 = 4,4$$

### 5.2.2 Расчет ОН-анионитного фильтра

Требуемая площадь фильтрования, м<sup>2</sup>:

$$F = Q / W, \quad (1.17)$$

где  $Q$  - производительность, м<sup>3</sup>/ч;

$W$  – скорость фильтрования, м/ч.

$$F = 157,4/23 = 6,8.$$

Характеристики ОН-анионитного фильтра показаны в таблице 14.

Таблица 14 – Характеристика ОН-анионитного фильтра.

| Диаметр, м | Площадь, м <sup>2</sup> | Высота, м |                                 |
|------------|-------------------------|-----------|---------------------------------|
|            |                         | Общая, Н  | Слоя катионита, h <sub>сл</sub> |
| 3,0        | 6,8                     | 3,1       | 2,354                           |

Продолжительность фильтроцикла, ч:

$$T + t = f \cdot h_{\text{сл}} \cdot E_p / (Q \cdot C), \quad (1.18)$$

где  $E_p$  - рабочая обменная емкость анионита,  $E_p = 750$  мг-экв/м<sup>3</sup>

$C$  – сумма анионов, поступающих на фильтр, мг-экв/кг, определяется по формуле:

$$C = C_{\text{SO}_4^{2-}} + C_{\text{Cl}^-} + C_{\text{NO}_3^-} + C_{\text{SiO}_3^-} + C_{\text{HCO}_3^-} + C_{\text{CO}_3^-}, \quad (1.19)$$

$$C = 0,65 + 1,039 + 0,013 + 0,14 + 0,768 + 0,09 = 2,615.$$

$$(T + t) = 6,8 \cdot 2,354 \cdot 750 / (157,4 \cdot 2,615) = 29,17.$$

Суточное число регенераций фильтра:

$$m = 24 / (T + t), \quad (1.20)$$

$$m = 24 / 29,17 = 0,82.$$

Расход 100 %-ного реагента на регенерацию, кг:

$$\sigma^{100} = f \cdot h_{\text{сл}} \cdot b \quad (1.21)$$

где  $b$ -удельный расход реагента на регенерацию,  $b = 38,6$  кг/м<sup>3</sup>.

$$\sigma^{100} = 6,8 \cdot 2,354 \cdot 38,6 = 618$$

Суточный расход 100 %-ного реагента на регенерацию. кг:

$$\sigma_{\text{сут}}^{100} = \sigma^{100} \cdot m, \quad (1.22)$$

$$\sigma_{\text{сут}}^{100} = 618 \cdot 0,82 = 507.$$

Расход воды на стадию сжатия (уплотнения) ионообменной смолы, м<sup>3</sup>:

$$V_{сж} = f \cdot v_{сж} \cdot \tau_{сж} \quad (1.23)$$

где  $v_{сж}$  - скорость сжатия катионита,  $v_{сж} = 31$  м/ч;

$\tau_{сж}$  - время сжатия катионита,  $\tau_{сж} = 0,05$  ч.

$$V_{сж} = 6,8 \cdot 31 \cdot 0,05 = 10,6$$

Расход воды на приготовление регенерационного раствора, м<sup>3</sup>:

$$V_{pp} = \sigma^{100} \cdot 100 / (C_{pp} \cdot 1000), \quad (1.24)$$

где  $C_{pp}$  – концентрация регенерационного раствора,  $C_{pp} = 2,5\%$

$$V_{pp} = 618 \cdot 100 / (2,5 \cdot 1000) = 24,7$$

Объемный расход воды на отмывку, м<sup>3</sup>:

$$V_{отм} = f \cdot h_{сл} \cdot a, \quad (1.25)$$

где  $a$  - удельный расход воды на отмывку,  $a = 3,12$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

$$V_{отм} = 6,8 \cdot 2,354 \cdot 3,12 = 49,9. \quad (1.26)$$

Суммарный расход воды на регенерацию, м<sup>3</sup>:

$$V_{сум} = V_{сж} + V_{pp} + V_{отм}, \quad (1.27)$$

$$V_{сум} = 10,6 + 24,7 + 49,9 = 85,2.$$

Время пропуска регенерационных растворов с концентрацией, ч:

$$\tau_{pp} = V_{pp} \cdot 60 / (f \cdot v_{pp}), \quad (1.28)$$

где  $v_{pp}$  - скорость пропуска регенерационного раствора,  $v_{pp} = 8,2$  м/ч.

Время пропуска регенерационного раствора с концентрацией 1,0 %, ч:

$$\tau_{pp} = 24,7 / (6,8 \cdot 8,2) = 0,43$$

Время отмывки, ч:

$$\tau_{отм} = V_{отм} \cdot 60 / (f \cdot v_{отм}), \quad (1.29)$$

где  $v_{отм}$  – скорость отмывки,  $v_{отм} = 8$  м/ч.

$$\tau_{отм} = 49,9/(6,8 \cdot 8) = 0,88.$$

Суммарное время регенерации, ч:

$$t = \tau_{сж} + \tau_{pp} + \tau_{осажд} + \tau_{рецирк}, \quad (1.30)$$

где  $\tau_{осажд}$  - продолжительность стадии осаждения катионита,  $\tau_{осажд} = 0,17$  ч;  
 $\tau_{рецирк}$  – продолжительность стадии рециркуляции,  $\tau_{рецирк} = 0,5$  ч.

$$t = 0,05 + 0,43 + 0,88 + 0,17 + 0,5 = 2,03$$

Часовой расход на собственные нужды, м<sup>3</sup>/ч:

$$q_{сн} = (V_{сум} \cdot m)/24 \quad (1.31)$$

$$q_{сн} = (85,2 \cdot 0,82)/24 = 3,0$$

В таблице 15 представлены технологические показатели блока противоточных фильтров.

Таблица 15 – Технологические показатели блока противоточных фильтров

| Показатели                                                                                  | Катионитовый<br>фильтр            | Анионитовый фильтр                                 |                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                                                                             |                                   | Верхний слой                                       | Нижний слой                                        |
| Производительность (с учетом расхода на собственные нужды), м <sup>3</sup> /ч               | 157,4                             | 157,4                                              |                                                    |
| Площадь фильтрования, м <sup>2</sup>                                                        | 6,8                               | 6,8                                                |                                                    |
| Скорость фильтрования, м/ч                                                                  | 23,0                              | 23,0                                               |                                                    |
| Тип смолы                                                                                   | Катионит<br>Пьюролайт<br>SGC- 500 | Слабоосновной<br>анионит<br>Пьюролайт РРА -<br>847 | Сильноосновной<br>анионит<br>Пьюлолайт РРА-<br>400 |
| Рабочая обменная емкость смолы, г-экв/м <sup>3</sup>                                        | 660                               | 750                                                |                                                    |
| Высота слоя ионита, мм                                                                      | 2786                              | 1338                                               | 1016                                               |
| Полезная продолжительность фильтроцикла, ч                                                  | 27,4                              | 27,4                                               |                                                    |
| Объем очищенной воды за фильтроцикл, м <sup>3</sup>                                         | 4108                              | 4108                                               |                                                    |
| Объем очищенной воды за фильтроцикл (с учетом расхода на собственные нужды), м <sup>3</sup> | 4312                              | 4312                                               |                                                    |

## Окончание таблицы 15

| 1                                                                      | 2                              | 3    |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|
| Тип реагента                                                           | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | NaOH |
| Удельный расход 100 %-ного реагента, г/л                               | 57,74                          | 38,6 |
| Расход 100 %-ного реагента на регенерацию, кг                          | 1094                           | 618  |
| Концентрация регенерационного раствора, %                              | 1,0/3,0                        | 2,5  |
| Скорость сжатия ионообменной смолы, м/ч                                | 30                             | 30   |
| Продолжительность сжатия, мин.                                         | 3                              | 3    |
| Расход воды на сжатие, м                                               | 10,6                           | 10,6 |
| Скорость пропуска регенерационного раствора, м/ч                       | 15                             | 8,2  |
| Продолжительность пропуска регенерационного раствора, мин.             | 25/12                          | 26   |
| Расход воды на приготовление регенерационного раствора, м <sup>3</sup> | 43,7/21,9                      | 24,7 |
| Скорость отмывки, м/ч                                                  | 15                             | 8    |
| Продолжительность отмывки, мин.                                        | 26                             | 53   |
| Удельный расход воды на отмывку, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>        | 2,4                            | 3,12 |
| Расход воды на отмывку, м <sup>3</sup>                                 | 45,6                           | 49,9 |
| Время осаждения ионообменной смолы, мин.                               | 10                             | 10   |
| Скорость рециркуляции, м/ч                                             | 39                             | 39   |
| Продолжительность рециркуляции, мин.                                   | 30                             | 30   |
| Суммарная продолжительность регенерации, мин.                          | 106                            | 122  |
| Суммарный расход воды на регенерацию, м <sup>3</sup>                   | 122                            | 85,2 |
| Высота слоя инерта, мм                                                 | 300                            | 300  |

Технические характеристики ионитных противоточных фильтров:

- диаметр D, м 3;
- высота H, м 3,1;
- площадь фильтрования S, м<sup>2</sup> 6,8;
- рабочее давление P, кгс/см<sup>2</sup> 6;
- температура t, °C не более 40



## 6 Автоматизация технологического процесса

Основной задачей при работе водоподготовительной установки является поддержание расходов воды и химического состава ее примесей в заданных режимах как в отдельных аппаратах, так и в схеме в целом. При значительном объеме контроля на ВПУ ручное управление требует больших затрат труда, снижает производительность труда и приводит к отклонениям режима работы схемы, влияющим на надежность и экономичность работы ТЭС.

Автоматизация управления режимом работы ВПУ позволяет повысить производительность труда, оказывает значительное влияние на решение социальных и экологических проблем, повышает технико-экономическую эффективность производства.

Для обессоливающей установки наиболее оптимальной с точки зрения автоматизации является схема с блочным включением ионообменных фильтров, которая позволяет одновременно проводить совместные регенерации катионитных и анионитных фильтров, применять однотипное и унифицированное оборудование. Эта схема позволяет значительно сократить число датчиков по сравнению с секционной схемой. Структура автоматизированного управления такой схемой определяется организацией процесса регенерации фильтров таким образом, что каждый блок имеет свой индивидуальный регенерационный узел.

Система автоматизации блока фильтров является составной частью автоматической системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) обессоливающих установок и обеспечивает:

- автоматическое управление и контроль в двух режимах эксплуатации "Рабочий" и "Регенерация";
  - автоматический контроль качества обрабатываемой воды за фильтрами по рН и электропроводности;
  - автоматическое регулирование расходов очищенной воды, регенерационных растворов, а также воды, потребляемой на сжатие и отмывку фильтров;
  - сигнализацию о состоянии фильтров - по перепаду давлений на входе и выходе фильтров;
  - сигнализацию и регистрацию отклонений параметров от заданных значений:
    - рН;
    - электропроводности;
    - расходов воды;
- АСУ ТП обеспечивает учет технико-экономических показателей:
- суммарного количества обрабатываемой воды для каждого блока фильтров и установки в целом (за час, смену, фильтроцикл, сутки);
  - количество воды и реагентов, израсходованных на регенерацию (за час, смену, сутки).

АСУ ТП предоставляет оператору следующие возможности:

- исключение или прекращение операций;
- повторение операций по восстановлению фильтров;
- контроль состояния запорной арматуры по каждому фильтру и регенерационному узлу по информационному табло;
- оперативную перестройку программ регенерации и заданий регуляторам;
- эксплуатацию блока в двух режимах: автоматическом и в режиме дистанционного пооперационного управления с пульта управления;
- автоматическое дискретное управление ходом технологического процесса;
- вывод на информационное табло информации о ходе процесса.

Внедрение комплексной автоматизации на ВПУ позволяет повысить производительность труда, снизить себестоимость обработки воды, ограничить коэффициент участия операторов в процессе водоподготовки.

## **7 Техника безопасности и охрана окружающей среды**

### **7.1 Общие требования безопасности на установке**

Кислота, щелочь, фосфат, реагенты и другие материалы должны храниться в складских помещениях, соответствующих требованию СНиП 11-58-75. Нормы проектирования. Электростанции тепловые.

Химические вещества и материалы, в которых содержатся легковоспламеняющиеся, взрывоопасные и токсичные компоненты, должны храниться на специальных складах, изолированных от других помещений и соответствующих требованиям Норм и технических условий проектирования складских предприятий и хозяйств для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, СНиП П-104-76. Складские здания и сооружения общего назначения, Нормы проектирования, СНиП П-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений не должно превышать установлено допустимых концентраций.

Должен быть составлен список всех помещений с вредными веществами, утверждаемый главным инженером предприятия. На входных дверях помещений должны быть вывешены знаки безопасности, предупреждающие о наличии вредных веществ. Знаки безопасности должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности.

На территории и в рабочих помещениях должна соблюдаться чистота. Разлитые или протекшие жидкости должны быть при необходимости нейтрализованы и удалены, а места, где они были пролиты, вытерты.

Требования по обеспечению пожарной безопасности на установке должны соответствовать СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы и ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

На территории и в помещениях должны быть необходимые средства пожаротушения согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации, ППБ -01-93.

Средства пожаротушения должны соответствовать требованиям Типовой инструкции по содержанию и применению первичных средств пожаротушения на объектах энергетической отрасли.

Курение на территории и в производственных помещениях разрешается только в специально отведенных местах. Курить в резервуарах, камерах, колодцах, каналах, а также вблизи открытых люков запрещается.

В производственных помещениях должны быть аптечки, укомплектованные перевязочным материалом и медикаментами. Аптечки должны содержать в чистоте и порядке, а запас материалов и медикаментов – систематически пополняться. В аптечке должен быть список необходимых материалов и медикаментов, а также указания по их применению.

## **7.2 Основные опасности производства**

### **7.2.1 Опасные и вредные производственные факторы**

Идентификация возможных поражающих опасных и вредных факторов на производстве реализуется при инспектировании предприятия, анализе установленной отчетности по производственному травматизму и заболеваемости работников, а также с помощью современных расчетно-аналитических методов оценки опасностей. В результате применения первых двух процедур уточняется перечень существенных опасностей для конкретной формы и вида труда, конкретного производства.

На проектируемой установке водоподготовки можно выделить следующие вредные и опасные производственные факторы:

- воздействие вредных веществ, действующих на дыхательные пути-кислоты, щелочь, коагулянт;
- вибрация;
- шум;
- воздействие электрического тока.

На установке предварительной очистки воды и обессоливании используются такие вредные вещества, как сернокислый алюминий, полиакриламид, серная кислота, щелочь, а также гидразингидрат, аммиак для коррекционной обработки котлов ТЭЦ.

Сернокислый алюминий - коагулянт, относится к веществам третьего класса опасности-вещества умеренно опасные, предельно допустимая концентрация оксихлорида алюминия в воздухе рабочей зоны 1,1-10,0 мг/м<sup>3</sup>.

Полиакриламид – желеобразное вещество. Температура его размягчения 180°С. Растворяется в воде, малотоксичен. При нагревании ПАА выше 100 °С выделяется аммиак.

Едкий натр - бесцветная жидкость, относится к веществам второго класса опасности, предельно допустимая концентрация едкого натра в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м<sup>3</sup>. Как твердое вещество, так и концентрированные его растворы вызывают очень сильные ожоги кожи. Попадание щелочи в глаза может привести к потере зрения.

Серная кислота - бесцветная жидкость, маслянистая, содержит 98 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , относится к веществам второго класса опасности, предельно допустимая концентрация серной кислоты в воздухе рабочей зоны  $1 \text{ мг/м}^3$ . Вредные вещества, используемые на водоподготовительной установке, обладают раздражающим действием. Их объединяет то, что при контакте с биологическими тканями они вызывают воспалительную реакцию, причем в первую очередь страдают органы дыхания, кожа и слизистые оболочки глаз.

Аммиак водный технический – водный раствор, содержащий 22-25 %  $\text{NH}_3$ . Водный раствор аммиака обладает сильными щелочными свойствами. Водные растворы могут вызвать сильные отравления организма. При высокой концентрации аммиак может вызвать ожоги слизистой оболочки глаз и привести к слепоте. Аммиак водный относится к четвертому классу опасности, предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны  $20 \text{ мг/м}^3$ .

Гидразингидрат - бесцветная жидкость, по запаху напоминающая аммиак. Легко воспламеняется. Ядовит. Гидразингидрат содержит 64 % гидразина. В смеси с кислородом взрывоопасен. Попадание соединений гидразингидрата в организм вызывает изменения в печени и крови. Гидразингидрат относится к первому классу опасности, предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны  $0,1 \text{ мг/м}^3$ .

Процесс эксплуатации установки водоподготовки сопровождается значительным шумом и вибрацией. Источники интенсивного шума и вибрации - машины и механизмы с неуравновешенными вращающимися массами, а также трубопроводы, в которых движение воды происходит с большими скоростями и имеет пульсирующий характер.

Шум и вибрация оказывают вредное воздействие на организм человека. В результате длительного воздействия шума нарушается нормальная деятельность сердечно-сосудистой и нервной системы, пищеварительных и кроветворных органов, развивается профессиональная тугоухость, прогрессирование которой может привести к полной потере слуха. Вибрация воздействует на центральную нервную систему, желудочно-кишечный тракт, органы равновесия (вестибулярный аппарат), вызывает головокружение, онемение конечностей, заболевание суставов.

Длительное воздействие вибрации вызывает профессиональное заболевание - вибрационную болезнь, эффективное лечение которой возможно лишь на ранних стадиях, причем восстановление нарушенных функций протекает крайне медленно, а при определенных условиях в организме могут наступить необратимые процессы, приводящие к полной потере трудоспособности.

Под влиянием интенсивного шума и вибрации наступают повышенная утомляемость и раздражительность, плохой сон, головная боль, ослабление памяти, внимания и остроты зрения, что ведет к снижению производительности труда (в среднем на 10-15%) и часто является причиной травматизма.

Кроме вредного воздействия на организм человека, вибрации оказывают вредное воздействие и на производственное оборудование, коммуникации и сооружения. Вредное действие их выражается в понижении КПД машин и механизмов, в преждевременном износе вращающихся частей оборудования вследствие дисбаланса, в снижении точности и уменьшении срока службы КИП, в

нарушении механической прочности и герметичности аппаратов и коммуникаций, что может послужить причиной различных аварий. Длительные сотрясения, вызываемые вибрацией, могут привести к разрушению фундаментов машин и целых сооружений. Все это обуславливает необходимость разработки и осуществления комплекса инженерно-технических и организационных мероприятий для снижения шума и вибрации.

При эксплуатации установки водоподготовки возникает опасность поражения электрическим током. Действие электрического тока на человека может быть термическим (ожог, нагрев кровеносных сосудов, нервов), электролитическим (разложение крови и других органических жидкостей), биологическим (раздражение и возбуждение живых тканей организма). Основными причинами поражения электрическим током являются:

Случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате:

- ошибочных действий при проведении работ;
- неисправности защитных средств, которыми пострадавший касался токоведущих частей.

Появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате:

- повреждения изоляции токоведущих частей;
- замыкания фазы сети на землю;
- падения провода (находящегося под напряжением) на конструктивные части электрооборудования.

Появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате:

- ошибочного включения отключенной установки;
- замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями.

Возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате:

- замыкания фазы на землю;
- выноса потенциала протяженным токопроводящим предметом (трубопроводом, железнодорожными рельсами)
- неисправностей в устройстве защитного заземления.

Электробезопасность обеспечивается:

- конструкцией электроустановок
  - техническими способами и средствами защиты
  - организационными и техническими мероприятиями
- Конструкция электроустановок должна соответствовать условиям их эксплуатации и обеспечивать защиту персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями.

Таким образом, для предотвращения воздействия на работающих опасных и вредных факторов производства необходима разработка методов защиты персонала от действия этих факторов.

## **7.3 Индивидуальные и коллективные средства защиты работающих**

### **7.3.1 Методы защиты персонала от действия опасных и вредных факторов производства**

Основным методом защиты персонала, работающего на установке водоподготовки, от воздействия вредных веществ является автоматизация производства. Проектируемая установка водоподготовки предусматривает автоматическое ведение технологического процесса.

На установке водоподготовки хранение химических реагентов осуществляется в специально-отведенных для этого помещениях, где располагаются емкости хранения химических реагентов и откуда осуществляется подача химических веществ на нужды установки. Реагентные хозяйства оборудованы механической вентиляцией, искусственным освещением, подведены шланги с легко открывающимися кранами для подачи воды, для промывки глаз установлены водные фонтанчики.

При обслуживании оборудования реагентных хозяйств или при проведении каких-либо других работ с вредными веществами, работающим необходимо применять средства индивидуальной защиты (СИЗ). К СИЗ относятся: спецодежда (костюмы из кислото-щелочестойкой ткани), средства защиты органов дыхания (противогаз, респиратор), спец. обувь (сапоги, ботинки), средства защиты рук (перчатки, рукавицы), средства защиты глаз (очки).

Для обеспечения электробезопасности на установке водоподготовки применяют следующие технические способы и средства: защитное заземление, изоляция токоведущих частей, знаки безопасности.

Основное условие, обеспечивающее безопасность эксплуатации электрооборудования ВПУ-исправность изоляции токоведущих частей. Регулярное наблюдение за состоянием изоляции - одна из основных мер, обеспечивающих электробезопасность.

Для профилактики электротравматизма применяются знаки безопасности и предупредительные плакаты. Их основное назначение:

- предупреждение опасности при приближении к частям, находящимся под напряжением
- запрещение оперировать аппаратами, которые могут подать напряжение на место, отведенное для работы
- указание места, подготовленного к работе
- напоминание о принятых мерах безопасности

Источником повышенной опасности на проектируемом производстве является сеть трубопроводов, так как вследствие тяжелых условий эксплуатации происходит разрушение материала труб и разгерметизация фланцевых соединений, а из-за большой протяженности и разветвленности сети контроль за ее состоянием затруднен.

Безопасность эксплуатации трубопроводов обеспечивается их правильной прокладкой, качественным монтажом, установкой компенсаторов, устройств

дренажа, постоянным контролем состояния трубопроводов и установленной на них арматуры, своевременным ремонтом.

Фланцевые соединения трубопроводов, по которым производится подача агрессивных химических веществ (кислота, щелочь) закрыты защитными кожухами, предохраняющими персонал от ожогов при прорыве жидкости наружу. Внутренняя поверхность трубопроводов, по которым транспортируются агрессивные вещества, покрыта химически стойким покрытием. Для отличия трубопроводов друг от друга они окрашиваются в разные цвета, в зависимости от веществ, транспортируемых по ним. Это необходимо при обслуживании трубопроводов для обеспечения безопасности труда.

## **8 Экологическая часть**

### **8.1 Отходы при производстве обессоленной воды, сточные воды, методы их утилизации и переработки**

Современные технологические процессы энергетической промышленности сопровождаются выбросами в водоемы значительных количеств производственных отходов, загрязняющих воду.

Сброс загрязненных сточных вод, так называемых промстоков, вызывает серьезные нарушения в жизни водоемов. Принципиальное направление охраны природы от промышленных выбросов заключается в создании так называемых безотходных или малоотходных технологических процессов.

Задача сохранения чистоты водоемов стала теперь социальной проблемой, связанной с оздоровлением условий жизни людей.

### **8.2 Классификация сточных вод**

Сточные воды промышленных предприятий можно разделить на следующие группы:

- сильно загрязненные, концентрированные стоки;
- слабо загрязненные, разбавленные стоки;
- условно чистые стоки;
- промышленные сточные воды, подлежащие биохимической очистке;
- кубовые остатки, маточные растворы;
- оборотные или повторно используемые воды;
- бытовые и хозяйственно – технические сточные воды.

### **8.3 Методы очистки сточных вод**

Универсального метода очистки загрязненных промышленных стоков, который отвечал бы современным запросам производства, пока еще нет. Те или иные способы очистки позволяют решить какую-либо одну задачу, и только сочетая эти способы, можно добиться высокой степени очистки.

### 8.3.1 Воды водоподготовительных установок и методы их очистки

Практически на всех тепловых электрических станциях в настоящее время применяется обработка воды путем ионирования.

Основной стадией водообработки является обессоливание, умягчение на ионитах. При регенерации ионитов возникают воды, содержащие различные соли и избыток регенерирующего реагента: кислоты, щелочи. Количество таких вод значительно.

Производственные сточные воды, содержащие кислоты и щелочи, должны быть нейтрализованы перед сбросом их водоемы или перед дальнейшим использованием в технологических процессах. Практически нейтральными следует считать смеси с  $pH=6,5-8,5$ .

Реакция нейтрализации в водных растворах происходит между гидратированными ионами водорода и ионами гидроксила, содержащихся соответственно в сильных кислотах и основаниях:



Чаще всего сточные воды загрязнены следующими минеральными кислотами: серной  $H_2SO_4$ , соляной  $HCl$ , азотной  $HNO_3$ , а также их смесями. При регенерации Н-катионитовых фильтров основная часть (75%) сбрасывается с фильтров первой ступени. Для второй ступени Н-катионирования 20-80% Экспериментально установлено, что максимальное солесодержание воды, сбрасываемой во время регенерации Н-катионитных фильтров, достигает  $50000 \text{ мг/дм}^3$ , среднее солесодержание отмывочных вод  $20-80 \text{ мг/дм}^3$ .

При регенерации анионитных фильтров первой ступени около 25% воды используется на процесс регенерации, а остальная часть – на отмывку. Максимальное солесодержание воды, сбрасываемой с анионитных фильтров первой ступени, достигает  $20000-60000 \text{ мг/дм}^3$ .

Внедрение противоточной ионообменной технологии ионирования позволит значительно сократить удельные расходы реагентов и воды на собственные нужды, что приводит к снижению сбросов в водоем, соответственно к снижению платы за эти сбросы.

## 9 Экономическая часть

Реконструкция блока противоточных фильтров подразумевает изменение потока химических реагентов при регенерации (восстановлении ионной способности фильтров). Для этого должна быть проведена замена фильтров, комплекта соединительных деталей, затворов, форсунок, верхнего и нижнего распределительных устройств, замена фильтрующего материала.

Расчет стоимости основного и вспомогательного оборудования представлен в таблице 16.



Таблица 16 – Расчет стоимости основного и вспомогательного оборудования

| Наименование расходов                                                 | Стоимость,<br>тыс.руб. |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Прейскурантная стоимость оборудования                                 | 61044,78               |
| Транспортные, заготовительно-складские расходы и стоимость запчастей. | 4883,58                |
| Стоимость монтажа оборудования, трубопроводов, КИП, спецработ.        | 37172,61               |
| Электрооборудование и электромонтажные работы                         | 496,86                 |
| Инструмент и инвентарь                                                | 854,63                 |
| Итого                                                                 | 104452,45              |

### 9.1 Обоснование мощности реконструируемой установки

Реконструкция водоподготовительной установки позволит создать запас на долгосрочную перспективу в увеличении потребления обессоленной воды для восполнения потерь пара и конденсата в схеме станции; увеличении выработки пара для приготовления химочищенной воды для котлов утилизаторов Киришского нефтеперерабатывающего завода. Создавшаяся в последнее время обстановка на рынке потребления электрической и тепловой энергии показывает только увеличение объемов производства электрической энергии на Северо-западе России.

Реконструкция установки позволит увеличить выработку обессоленной воды на 54750 т в год, к снижению себестоимости.

### 9.2 Расчет годового фонда заработной платы

Предлагаемый вариант реконструкции не изменил численности работающего персонала и фонда заработной платы, режима работы установки и вида вырабатываемой продукции. Режим работы установки характеризуется непрерывной рабочей неделей, число смен в сутки – 2, продолжительность рабочей смены 12 часов. Для расчета заработной платы составим баланс рабочего времени, который сведем в таблицу 17.

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

| Наименование              | Кол-во дней | Кол-во часов при 40 ч. раб. неделе |
|---------------------------|-------------|------------------------------------|
| Календарный фонд времени, | 365         |                                    |
| - рабочие;                | 248         | 1980                               |
| - выходные и праздничные; | 116         | 928                                |
| - предпраздничные.        | 4           | 4                                  |
| Неявки, в т. ч.:          | 33          | 264                                |
| - отпуск                  | 28          | 224                                |
| - по болезни              | 5           | 40                                 |
| Полезный фонд времени     | 215         | 1720                               |

### 9.3 Расчет себестоимости продукции водоподготовительной установки

Потребность в сырье, материалах и энергии рассчитываем исходя из установленных в технологической части проекта прогрессивных норм расхода сырья, материалов, энергии и принятого в проекте объема производства. Результаты расчетов представлены в таблицу 18.

Таблица 18 – Расчет себестоимости продукции

| Наименование сырья, материалов и т.д. | Ед. изм. | Стоимость за единицу продукции | Объем производства | Всего сырья и материалов в год, руб. |
|---------------------------------------|----------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Сырье (осветленная вода)              | т        |                                |                    | 330000                               |
| Серная кислота 94%                    | т        | 3200                           | 750                | 2400000                              |
| Едкий натр 100%                       | т        | 22000                          | 450                | 9900000                              |
| Сильнокислотный катионит              | т        | 5,16                           | 85000              | 438600                               |
| Слабоосновный анионит                 | т        | 3,2                            | 118000             | 377600                               |
| Сильноосновной анионит                | т        | 2,4                            | 127000             | 304800                               |
| Электроэнергия                        | кВт/ч    | 0,94                           | 3300000            | 3102000                              |
| Тепловая энергия                      | Гкал     | 0,7                            | 3300000            | 2310000                              |
| Вода на собственные нужды             | т        | 16,7                           | 350000             | 5845000                              |
| ИТОГО:                                |          |                                |                    | 228448000                            |

Реконструкция установки не предусматривает строительства новых зданий и сооружений. Расчет амортизации проводим от стоимости зданий, сооружений, относящихся к основному производству. Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет амортизационных отчислений

| Группа оборудования                                                         | Стоимость основных фондов тыс.руб. | Норма амортизации, % | Сумма амортизации, тыс. руб. |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Здания, сооружения производственного назначения и их структурные компоненты | 40000,00                           | 3                    | 1200,00                      |
| Машины, технологическое и энергетическое оборудование                       | 65000,00                           | 9                    | 5850,00                      |
| Итого                                                                       | 1050000,00                         |                      | 7050,00                      |

#### 9.4 Смета цеховых расходов

Смета цеховых расходов учитывает зарплату цехового персонала, отчисления на социальные нужды и охрану труда, расходы на ремонт и амортизацию производственных зданий и сооружений, износ малоценного и быстро изнашиваемого инвентаря, прочие цеховые издержки.

Смету расходов установки представим в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет цеховых расходов на 1 тонну выпускаемой продукции

| Статьи расхода                                                                                             | Сумма, тыс. руб. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Зарплата цехового персонала                                                                                | 15485,90         |
| Отчисления на социальные нужды                                                                             | 4029,33          |
| Содержание производственных зданий и сооружений.                                                           | 2000,00          |
| Текущий ремонт производственных зданий                                                                     | 800,00           |
| Амортизация производственных зданий и сооружений                                                           | 1200,00          |
| Расходы по охране труда                                                                                    | 154,8            |
| Итого                                                                                                      | 23670,03         |
| Износ малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря, расходы по испытаниям, опытам, прочие цеховые расходы | 236,7            |
| Итого цеховые расходы                                                                                      | 23906,73         |

Далее рассчитываем цеховые расходы на 1 тонну выпускаемой продукции, руб.:

$$\text{Ц}_{р\_1т} = \text{Ц}_р / \text{В}_{\text{год}}, \quad (1.32)$$

где  $\text{Ц}_р$  – цеховые расходы, руб,  
 $\text{В}_{\text{год}}$  – годовой выпуск продукции, т.

$$\text{Ц}_{р\_1т} = 23906,73 / 3300000 = 7,24$$

#### 9.5 Смета расходов по содержанию и эксплуатации оборудования

Расчет проектной калькуляции представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет проектной калькуляции цеховой себестоимости продукции

| Статьи расхода                                                                                                                                                                                     | Сумма, тыс. руб. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Зарплата рабочих по надзору и уходу за оборудованием                                                                                                                                               | 11981,71         |
| Отчисления на социальные нужды                                                                                                                                                                     | 4029,33          |
| Смазочные и обтирочные материалы и прочее                                                                                                                                                          | 1280,88          |
| Текущий ремонт оборудования                                                                                                                                                                        |                  |
| Заработная плата ремонтных рабочих                                                                                                                                                                 | 1686,97          |
| Отчисления на социальные нужды                                                                                                                                                                     | 438,61           |
| Прочие расходы, связанные с ремонтом производственного оборудования, аппаратуры и транспортных средств.                                                                                            | 5222,62          |
| Амортизация производственного оборудования, аппаратуры и транспортных средств                                                                                                                      | 3276             |
| Внутризаводское перемещение грузов, возмещение износа малоценных и быстроизнашивающихся инструментов, приспособлений. А также прочие расходы, связанные с содержанием и эксплуатацией оборудования | 2791,1           |
| Всего по смете                                                                                                                                                                                     | 30707,71         |

Плата за использование водными объектами:

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| сброс воды, тыс. м <sup>3</sup> | 8250    |
| тариф, руб./м <sup>3</sup>      | 3,15    |
| стоимость, тыс. руб.            | 25987,5 |

В таблице 22 представлена калькуляция цеховой стоимости продукции по проекту.

Таблица 22 – Проектная калькуляция цеховой стоимости продукции

| Статьи калькуляции       | Единица измерения | Цена за единицу ресурса, руб. | Затраты на годовой выпуск |            |
|--------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------|------------|
|                          |                   |                               | Кол-во                    | Сумма      |
| Вода осветленная         | м <sup>3</sup>    |                               |                           | 330000,00  |
| Серная кислота           | т                 | 3200                          | 750                       | 2400000,00 |
| Едкий натр               | т                 | 22000                         | 450                       | 9900000,00 |
| Сильнокислотный катионит | т                 | 5,16                          | 85000                     | 438600,00  |
| Слабоосновный анионит    | т                 | 3,2                           | 118000                    | 377600,00  |
| Сильноосновной анионит   | т                 | 2,4                           | 127000                    | 304800,00  |

## Окончание таблицы 22

| 1                                                                                                                                | 2                   | 3    | 4      | 5            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------|--------|--------------|
| Вода на собственные нужды                                                                                                        | т                   | 16,7 | 330000 | 5511000,00   |
| Вода из поверхностных источников                                                                                                 | тыс. м <sup>3</sup> | 3,7  | 250000 | 767500,00    |
| Топливо и энергия всех видов на технологические цели                                                                             | руб.                |      |        | 15645300,00  |
| Зарплата основная и дополнительная                                                                                               |                     |      |        |              |
| Основная                                                                                                                         | руб.                |      |        | 11981711,00  |
| Дополнительная                                                                                                                   | руб.                |      |        | 3504212,00   |
| Отчисления на социальные нужды                                                                                                   | руб.                |      |        | 4029339,97   |
| Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, в том числе амортизация производственного оборудования и транспортных средств | руб.                |      |        | 30707710     |
| Цеховые расходы                                                                                                                  | руб.                |      |        | 23906730     |
| Итого                                                                                                                            |                     |      |        | 109804503,00 |

Определим итоговую себестоимость обессоленной воды:

$$\text{Ц} = \text{В}_{\text{год}} \cdot \text{С}, \quad (1.32)$$

где С – себестоимость 1 тонны продукции, руб., С = 33,27.

$$\text{Ц} = 330000 \cdot 33,27 = 109804503.$$

### 9.6 Технико-экономические показатели работы производства

Исходные данные для расчета технико-экономических показателей представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Исходные данные

| Показатель                                        | Ед. изм.            | Тип системы  |              |
|---------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
|                                                   |                     | проект       | существующая |
| Годовой объем обработанной воды                   | м <sup>3</sup>      | 3300000      | 330000       |
| Себестоимость ед. продукции обессоленной воды     | руб./м <sup>3</sup> | 33,27        | 37,24        |
| Себестоимость на весь выпуск                      | руб.                | 109804503,00 | 122901342,9  |
| Годовой расход воды на собственные нужды          | м <sup>3</sup>      | 250000       | 350000       |
| Расход реагентов                                  |                     |              |              |
| Серная кислота                                    | т                   | 750          | 1060,52      |
| Едкий натр                                        | т                   | 450          | 545,32       |
| Стоимость реагентов                               |                     |              |              |
| Серная кислота                                    | руб/т               | 3200         | 3200         |
| Едкий натр                                        | руб./т              | 22000        | 22000        |
| Годовой объем стоков                              | м <sup>3</sup>      | 180000       | 350000       |
| Плата за стоки                                    | руб/м <sup>3</sup>  | 3,15         | 3,15         |
| Досыпки ионообменных смол в год                   |                     |              |              |
| Катионит                                          | м <sup>3</sup>      | 5,16         | 21,30        |
| Слабоосновной анионит                             | м <sup>3</sup>      | 3,2          | 42,30        |
| Сильноосновной анионит                            | м <sup>3</sup>      | 2,4          | 11,80        |
| Стоимость ионообменных смол в год                 |                     |              |              |
| Катионит                                          | руб/м <sup>3</sup>  | 85000,0      | 85000,00     |
| Слабоосновной анионит                             | руб./м <sup>3</sup> | 118000,00    | 118000,00    |
| Сильноосновной анионит                            | руб/м <sup>3</sup>  | 127000,00    | 127000,00    |
| Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования | руб.                | 30707710,00  | 34237000,00  |

### 9.7 Срок окупаемости проекта

На реконструкцию установки будет затрачено  $K = 104452,45$  тыс. руб., при этом годовая экономия составит 15908,8 тыс. руб. Окупаемость проекта найдем по формуле:

Срок окупаемости, лет.

$$O = K/\Delta C, \quad (1.33)$$

где  $O$  – срок окупаемости;

$K$  – капиталовложения;

$\Delta C$  – разница себестоимости до и после реконструкции.

$$O = 104452,45 / 15908 = 6,56$$

Производительность труда, тыс. руб/чел.:

$$П = V/Ч, \quad (1.34)$$

где Ч – численность работающих, чел;

V – объем производства.

$$П = 3300000 / 40 = 8250$$

Снижение себестоимости продукции произойдет за счет сокращения потребления химических реагентов, сокращения количества стоков, сокращения расходов на досыпку ионообменных смол, сокращения расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

### **9.8 Расчет экономических показателей**

Снижение потребления воды на собственные нужды, м<sup>3</sup>:

$$350000 - 250000 = 100000.$$

Годовая экономия, тыс. руб.:

$$(100000 \cdot 21,68) / 1000 = 2168.$$

Сокращение потребления серной кислоты, т.:

$$1060,52 - 750 = 310,52 \text{ т.}$$

Годовая экономия, тыс. руб.:

$$(310,52 \cdot 3200) / 1000 = 933,66.$$

Сокращение потребления щелочи, т.:

$$545,32 - 450 = 95,32.$$

Годовая экономия, тыс. руб.:

$$(95,32 \cdot 22000) / 1000 = 2097,04.$$

Сокращение количества стоков, м<sup>3</sup>:

$$350000 - 180000 = 170000.$$

Годовая экономия, тыс. руб.:

$$(170000 \cdot 3,15) / 1000 = 535,5.$$

Сокращение годовых расходов на досыпку ионообменных смол, тыс. руб.:

Катионит:

$$((21,3 \cdot 85000) / 1000) - ((5,16 \cdot 85000) / 1000) = 1372,5.$$

Слабоосновной анионит:

$$((42,3 \cdot 118000) / 1000) - ((3,2 \cdot 118000) / 1000) = 4613.$$

Сильноосновной анионит:

$$((11,8 \cdot 64410,0) / 1000) - ((2,4 \cdot 127000) / 1000) = 1193,8.$$

Снижение затрат на эксплуатацию оборудования:

$$34237,0 - 30707,0 = 3530,0.$$

Годовая экономия установки, тыс. руб.:

$$2168 + 933,66 + 2097,04 + 1372,5 + 4613,0 + 1193,8 + 3530,0 = 15908.$$

В таблице 25 представлена калькуляция стоимости невозвращенного конденсата.

Таблица 25 – Калькуляция стоимости невозвращенного конденсата

| Наименование статей затрат                                | Сумма, руб. |
|-----------------------------------------------------------|-------------|
| Вода (осветленная)                                        | 330000,00   |
| Вспомогательные материалы на технологические цели         | 19628200,00 |
| Вода из поверхностных источников                          | 767500,00   |
| Топливо и энергоресурсы для производства и перекачки воды | 15645300,00 |
| Зарплата основная и дополнительная                        | 15485923,00 |
| Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования         | 34237000,00 |
| Цеховые расходы                                           | 23906730    |
| Общезаводские расходы                                     | 12900689,86 |
| Всего затрат                                              | 122901342,9 |
| Расчетный отпуск                                          | 3300000     |
| Себестоимость 1 т. обессоленной воды                      | 37,24       |



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках бакалаврской работы была разработана схема подготовки обессоленной воды с применением противоточной технологии по методу АПКОРЕ. В процессе были решены следующие задачи:

- улучшение качества обессоленной воды;
- сокращение химических реагентов;
- сокращение количества сточных вод;
- снижение количества фильтров.

Целью работы являлась разработка блока противоточных фильтров. Для решения задачи требовалось построить схему прямоточных фильтров и противоточных, провести сравнительный анализ качества обессоленной воды для каждой из схем, сравнить расход химических реагентов и количество сточных вод.

По окончанию расчетов были выполнены следующие чертежи:

- схема водоподготовительной установки;
- регенерация противоточного фильтра по методу Апкоре;
- сравнительные характеристики ионообменных смол;
- характеристика сбросных вод.

Все чертежи выполнены на формате А1.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богатая, И. Н. Основы бухгалтерского учета: экзаменационные ответы / И. Н. Богатая. – Ростов на Дону : Феникс, 2001. – 194 с.
2. Вихрев, В.Ф. Водоподготовка / В. Ф. Вихрев. – Москва : Энергия, 1973. – 232 с.
3. Громогласов, А.А. Водоподготовка. Процессы и аппараты : учеб. пособие для вузов / А. А. Громогласов, А. С. Копылов, А. П. Пильщиков. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 346 с.
4. Гурвич, С.М. Оператор водоподготовки : учебное пособие / С. М. Гурвич – М.: Энергоиздат, 1981. – 98 с.
5. Квятковский, В.М. Обработка воды на тепловых электростанциях : науч. изд. / В. М. Квятковский, А. И. Баулина. – М.:1996. – 460 с.
6. Когановский, А.М. Очистки и использование сточных вод в промышленном водоснабжении : науч. изд. / А. М. Когановский. – Москва : Химия, 1983г. – 237 с.
7. Экономика и управление энергетическими предприятиями. Оценка экономической эффективности инвестиций в энергетические объекты : учеб. – метод. Пособие [Энергетический ресурс] / Сост. И.А. Астраханцева, Л.В. Голованова, М.В. Зубова. – Электрон.дан. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014.
8. Покровский, В.Н. Очистка сточных вод тепловых электростанций : учебник / В. Н. Покровский. – Москва : Энергия, 1980. – 289 с.
9. Семенюк, В.Д. Водоподготовка промышленных предприятий : учебник / В. Д. Семенюк. – Краснодар : Техника, 1980 – 381 с
10. Смирнов, А.Д. Справочная книжка энергетика : учебное пособие / А. Д. Смирнов, К. М. Антипов. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 165 с.
11. Бойко, Е.А. Котельные установки и парогенераторы (тепловой расчет парового котла) : Учебное пособие / Е.А. Бойко, И.С. Деринг, Т.И. Охорзина.- Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2005. 96 с.

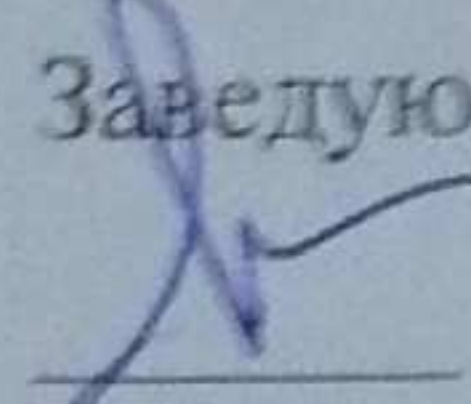


Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

«Политехнический институт»  
институт  
«Тепловые электрические станции»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

  
подпись

Е.А. Бойко  
инициалы, фамилия

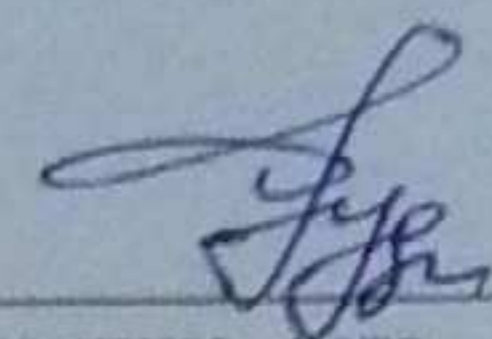
« 09 » 07 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника»  
код – наименование направления

Проект реконструкции ХВО Киришской ГРЭС  
тема

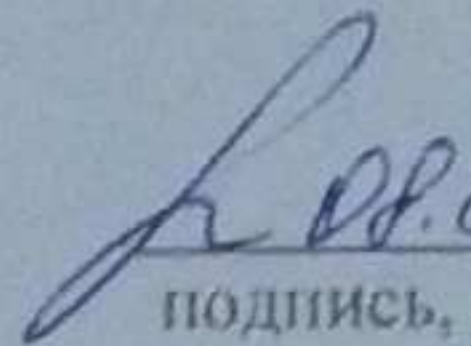
Руководитель

  
подпись, дата

доцент, к.т.н.  
должность, ученая степень

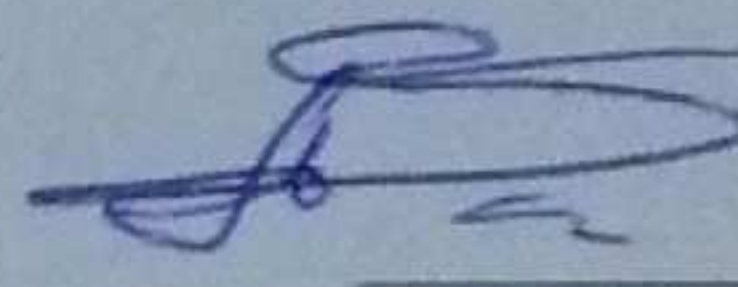
Т. М. Руденко  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

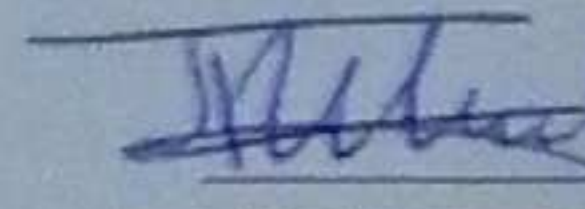
А.А. Портнова  
инициалы, фамилия

Тех. контроль

  
подпись, дата

С.А. Михайленко  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

  
подпись, дата

П.В. Шишмарев  
инициалы, фамилия

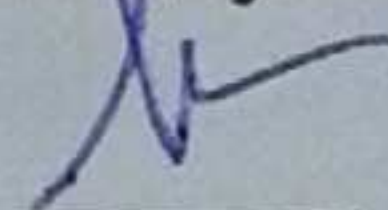
Красноярск 2019



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
«Политехнический институт»  
институт  
«Тепловые электрические станции»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



подпись

Е.А. Бойко

инициалы, фамилия

« 09 » 04 2019 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**



Студенту: Портновой Александре Александровне

фамилия, имя, отчество

Группа ЗФЭ 14-01Б

Направление (специальность) 13.03.01

номер

код

Теплотехника и теплоэнергетика

наименование

Тема выпускной квалификационной работы: Проект реконструкции ХВО Киришской ГРЭС

Утверждена приказом по университету № 7179/с от 23.05.19

Руководитель ВКР: Т.М. Руденко, к.т.н., доцент кафедры ТЭС, СФУ

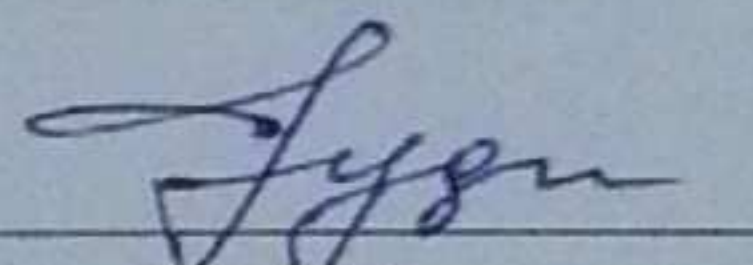
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР Объект реконструкции – ХВО Киришской ГРЭС, научно-техническая документация водоподготовительного оборудования для ТЭС и промышленной энергетики, противоточной технологии обработки воды по методу АПКОРЕ.

Перечень разделов ВКР: технологический раздел, раздел материальных балансов, описание оборудования станции, расчетная часть, экономическая часть, экологическая часть, индивидуальное задание.

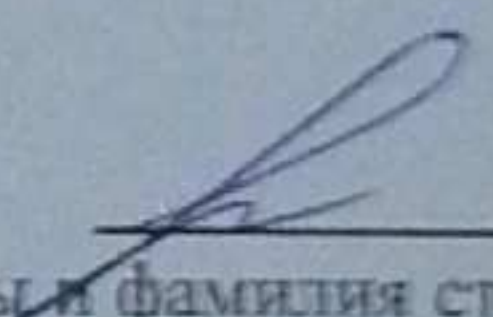
Перечень графического материала: схема водоподготовительной установки, регенерация противоточного фильтра по методу Апкоре, сравнительные характеристики ионообменных смол, характеристика сбросных вод.

Руководитель ВКР

  
подпись

Т.М. Руденко  
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись, инициалы и фамилия студента

А.А. Портнова

« 17 » июня 2019 г.